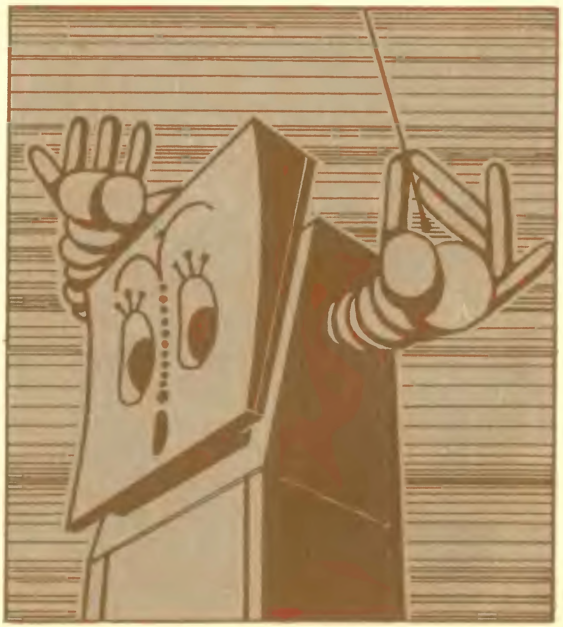
БИБЛИОТЕЧКА ·КВАНТ·
выпуск 10

В. М. ГЛУШКОВ
В. Я. ВАЛАХ

ЧТО ТАКОЕ ОГАС?



БИБЛИОТЕЧКА •КВАНТ•
ВЫПУСК 10

В. М. ГЛУШКОВ
В. Я. ВАЛАХ

ЧТО ТАКОЕ ОГАС?

МОСКВА «НАУКА»
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
1981

22.18
Г 55
УДК 519.6

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Академик **И. К. Кикоин** (председатель), академик **А. Н. Колмогоров** (заместитель председателя), кандидат физ-матем. наук **И. Ш. Слободецкий** (ученый секретарь), член-корреспондент АН СССР **А. А. Абрикосов**, академик **Б. К. Вайнштейн**, заслуженный учитель РСФСР **Б. В. Воздвиженский**, академик **В. М. Глушков**, академик **П. Л. Капица**, профессор **С. П. Капица**, член-корреспондент АН СССР **Ю. А. Осипьян**, член-корреспондент АПН СССР **В. Г. Разумовский**, академик **Р. З. Сагдеев**, кандидат хим. наук **А. Л. Смолянский**, профессор **Я. А. Смородинский**, академик **С. Л. Соболев**, член-корреспондент АН СССР **Д. К. Фаддеев**, член-корреспондент АН СССР **И. С. Шкловский**.

Глушков В. М., Валах В. Я.
Г 55 Что такое ОГАС? — М.: Наука, 1981 — 160 с., илл.

В книге в увлекательной и доступной для старшеклассников форме рассказывается о сложности и грандиозности современных задач планирования и управления в народном хозяйстве страны. На интересных примерах авторы описывают идеи и методы оптимального планирования и управления, возможности вычислительных машин, проблемы переработки огромных потоков информации.

Большое внимание уделяется автоматизированным системам управления различного уровня. Подробно рассказывается о целях, задачах и перспективах создания ОГАС — общегосударственной автоматизированной системе сбора и обработки информации для учета, планирования, управления.

Г $\frac{20205-020}{053(02)-81}$ 88-80. 1502000000

ББК 22.18
518

Г $\frac{20205-020}{053(02)-81}$ 88-80. 1502000000

© Издательство «Наука»
Главная редакция
физико-математической
литературы, 1981

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава I. МОГУЧИЕ ПОМОЩНИКИ ЧЕЛОВЕКА 9

Из истории создания ЭВМ 9
Главное — память! 12
А есть ли у них недостатки? 17
Три поколения ЭВМ 25
Компьютеры и научно-технический прогресс 33

Глава II. ВЗРЫВ, КОТОРОГО НЕ СЛЫШНО 40

Информация в науке, технике, на производстве 40
Все знать! Все учитывать! 46
Информационные барьеры 54
А каковы перспективы? 59

Глава III. ТЯЖЕЛАЯ НОША 63

«Если бы я был министром...» 63
Откуда возникают проблемы? 67
Эффект синхронизации и сетевые графики 73
К чему и как стремиться? 81
АСУП 87
Человек в системе управления 91

Глава IV. НАДЕЖНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ 96

Знакомство с математическими моделями экономики 96
Несколько типичных задач 100
Метод линейного программирования 106
Об идеях оптимизации 111

Глава V. ПОГОВОРИМ О БЕЗБУМАЖНОЙ ТЕХНОЛОГИИ 116

НТР и технология переработки информации 116
Автоматизация проектирования и программирования 120
Информация с мест 125
Создавать информационные массивы! 129

Глава VI. ОГАС — ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ 136
Принципы создания АСУ 136
Вертикальные и горизонтальные связи 141
План живет и развивается 146
Функции ОГАС 151

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 155

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 158

Что такое ОГАС? Ответить на этот вопрос нетрудно. ОГАС — Общегосударственная автоматизированная система сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством. Слова эти, прозвучавшие еще на XXIV съезде КПСС, теперь хорошо знакомы многим ученым и специалистам народного хозяйства. Но мы недаром именно такой вопрос решили вынести в название этой книги. Дело в том, что за этим в общем-то понятным названием скрывается множество сложнейших проблем и задач науки, техники, экономики, организации производства. Построение ОГАС — это работа таких гигантских масштабов, с какими еще не встречались наша наука и народное хозяйство.

Как всякое новое грандиозное дело, построение ОГАС сегодня еще многим кажется чем-то весьма далеким, а то и даже нереальным. Но вспомним, что таким же далеким и нереальным делом казались в свое время некоторым скептикам планы электрификации страны, коллективизации сельского хозяйства, освоения целины, программы полета человека в космос.

Как же возникла задача создания ОГАС? Дело в том, что люди с давних времен всегда стремились как можно лучше планировать и управлять. Особенно, если речь шла о такой важнейшей сфере человеческой деятельности, как материальное производство, экономика. Уже давно замечено, что сложность задач управления экономикой растет быстрее, чем сама экономика и еще гораздо быстрее, чем число занятых в экономике людей. Недавно проведенные исследования показали, что в эпоху научно-технической революции сложность этих задач растет даже быстрее, чем n^2, где n — общее число занятых в экономике

людей. Одним словом, в настоящее время происходит процесс перехода сложности управления экономикой на качественно новую ступень.

Кроме того, для эффективного планирования и управления экономикой необходимо своевременно получать обширнейшую информацию. Даже в обычных производственных задачах объем этой необходимой информации оказывается очень большим. Например, для того чтобы провести лишь в одном цехе завода некоторую корректировку производственного задания, нужно иметь данные о количестве оборудования, его состоянии и возможностях, о наличии запасов сырья, нужно точно знать, как эта корректировка будет согласовываться с планами работ других цехов и всего предприятия и т. д.

При решении аналогичных задач на уровне отрасли, министерства объем необходимой информации принимает поистине гигантские масштабы. Действительно, информационные потоки в области планирования и управления производством, в экономике, да и во многих других сферах человеческой деятельности за последние два-три десятилетия растут так стремительно, что во всем мире это явление назвали «информационным взрывом». И теперь уже совершенствование планирования и управления немыслимо без автоматизации процессов обработки этих информационных потоков.

Таким образом, сама жизнь поставила перед специалистами задачу создания ОГАС.

У многих может возникнуть вопрос — почему же подобная задача появилась только теперь? Дело в том, что еще в совсем недалеком прошлом, понимая задачи, стоящие перед экономикой, ученые, однако, были в известной мере бессильными перед ними. Эти задачи преимущественно обобщались и упрощались, решались они приближенно, огромная роль отводилась опыту и интуиции работников аппарата планирования и управления. Однако для того уровня развития экономики подобный подход нередко оказывался вполне приемлемым.

Начало второй половины XX века ознаменовалось выдающимся научно-техническим событием. Появились и быстро совершенствовались могучие помощники человека — электронно-вычислительные машины

(ЭВМ). Начав свою деятельность с решения чисто математических и технических задач, ЭВМ постепенно стали все больше использоваться в экономике. Машины 70-х годов, обладая уже колоссальными вычислительными возможностями и гигантской памятью, сделались обязательными участниками решения всех больших и малых задач планирования и управления. Ученые быстро освоили экономико-математические машинные методы решения многих оптимизационных задач. И здесь уже на повестке дня появились вопросы автоматизации процессов планирования и управления, и в первую очередь — автоматизации весьма трудоемкого процесса обработки информации.

В этих условиях совершенно реальной сделалась и задача создания ОГАС. Конечная ее цель — объединение в единую систему тысяч вычислительных центров (ВЦ), отдельных автоматизированных систем управления предприятиями (АСУП) и автоматизированных систем управления отраслями народного хозяйства (ОАСУ). При этом главное — создание и освоение безбумажной технологии переработки колоссальных объемов информации. В перспективе ОГАС позволит мгновенно и точно получать любую, даже самую детализированную информацию обо всем, что происходит в народном хозяйстве и на основе этого быстро вырабатывать оптимальные плановые и управленческие решения.

Сегодня даже трудно представить себе тот колоссальный экономический эффект, какой получит наше народное хозяйство от внедрения ОГАС. Здесь достаточно упомянуть лишь несколько ожидаемых практических результатов: высокий уровень синхронизации производства (точного согласования во времени) во всех звеньях народного хозяйства; разумное сокращение количества сырья и оборудования, хранящегося на сотнях тысяч складов и порой длительное время не участвующего в материальном производстве; гораздо более гибкое планирование, точно учитывающее имеющиеся возможности и ресурсы.

Создание действительно эффективной системы управления экономикой возможно лишь на основе правильного сочетания трех важнейших компонентов — организации, экономических механизмов и автоматизации обработки информации. В нашей стра-

не много делается для развития первых двух компонентов. На это направлено важнейшее Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «Об улучшении планирования и усилении воздействия хозяйственного механизма на повышение эффективности производства и качества работы».

ОГАС — это третий, обязательный компонент для эффективного управления экономикой. Подчеркнем, что ОГАС не «командует» экономикой, а лишь «командует» потоками информации о состоянии экономики, помогает организовывать и осуществлять решение планово-управленческих задач. Что же касается окончательного принятия решений (на основе выработанных вариантов), то эта функция остается за людьми.

Как уже отмечалось, создание ОГАС — задача гигантских масштабов, рассчитанная на 3—4 пятилетки. А через 15—20 лет на многих ответственных участках в различных звеньях нашего народного хозяйства будут трудиться молодые, энергичные, знающие свое дело специалисты — те, кто сегодня еще учится в школах или в высших учебных заведениях. Именно для этой категории читателей и предназначена, в первую очередь, данная книга.

Авторы стремились молодых читателей, увлекающихся математикой и кибернетикой, заинтересовать проблемами экономики, вопросами развития экономико-математических методов, показать возможности их будущего личного участия в таком важном деле, как создание и внедрение ОГАС.

МОГУЧИЕ ПОМОЩНИКИ ЧЕЛОВЕКА

ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ЭВМ

С очень давних времен люди не только верили в возможность ускорения процесса вычисления с помощью механических приспособлений, но и занимались практически созданием таких механизмов. Чертежи счетной машины были найдены еще в рукописях Леонардо да Винчи, великого ученого, жившего более 500 лет назад.

Считается, что первый действующий арифмометр создал выдающийся французский ученый Блез Паскаль (1623—1662). И хотя принцип его действия был необыкновенно прост и он мог выполнять лишь сложение и вычитание целых чисел, арифмометр Паскаля произвел сенсацию и положил начало активной деятельности многих ученых в этом направлении.

Уже через два с половиной десятилетия знаменитый немецкий философ и математик Г. Лейбниц (1646—1716) создал машину, способную выполнять умножение и деление чисел.

Идеи и принципы, на которых базируются арифмометры XVIII и XIX веков, становятся все более глубокими и оригинальными. Значительный вклад в это научное направление внес и великий русский математик П. Л. Чебышев (1821—1894).

Первую автоматическую вычислительную машину с программным управлением разработал английский ученый Чарльз Бэббидж (1792—1871). Это был настоящий прообраз современных ЭВМ. Идеи Бэббиджа оказались настолько новыми и оригинальными, что большинство из них не было понято и по достоинству оценено при жизни ученого. Его талантливые проекты так и не были реализованы в XIX веке. Да их и невозможно было в сколько-нибудь полной мере реализовать на технической базе того времени.

40-е годы нашего столетия ознаменовались новой волной научно-исследовательских работ по созданию вычислительных машин. Эти работы соответствовали уже гораздо более высокому уровню развития науки и техники. Начиналась эра электронных вычислительных машин.

Первые реально действующие ЭВМ были созданы в США (1946 г.), Англии (1949 г.) и СССР (1950 г.). Каждая из этих машин строилась на принципиально новых для своего времени инженерных и конструктивных решениях и была значительным научно-техническим достижением.

Основоположником работ по созданию ЭВМ в Советском Союзе был выдающийся ученый академик Сергей Алексеевич Лебедев (1902—1974). Под его руководством в 1950 г. в Киеве группой талантливых специалистов была создана первая отечественная ЭВМ, получившая название МЭСМ (малая электронная счетная машина). Она была собрана на двух тысячах электронных ламп и представляла собой громоздкое и недостаточно надежное в эксплуатации сооружение. Машина могла производить 50 математических операций в секунду и запоминать 31 число и 63 команды. Но, пожалуй, трудно переоценить то огромное значение, которое имела МЭСМ для дальнейшего развития вычислительной техники в СССР. На ней были реально опробованы многие новые конструктивные идеи. Первые успешно решенные практические задачи (расчет различных вариантов линий электропередач и др.) вселили уверенность в огромных перспективах машинных расчетов.

В 1953 г. академик С. А. Лебедев возглавил в Москве Институт точной механики и вычислительной техники. Здесь активно велись работы по созданию большой электронной счетной машины (БЭСМ), которая стала первенцем знаменитой серии машин: БЭСМ-1; БЭСМ-2, ..., БЭСМ-6.

В 50—60-е годы в нашей стране созданием различных типов электронных вычислительных машин занимался уже ряд научных коллективов в Москве, Киеве, Пензе, Минске, Ереване и других городах. Появились и стали успешно эксплуатироваться различные модификации машин «Стрела», «Урал», «Днепр», «Киев», «Наири», «Минск», МИР и др. Уже через

15 лет после создания первой МЭСМ, в 1966 г. машина БЭСМ-6 могла производить до 1 миллиона операций в секунду. Нетрудно подсчитать, что профессиональный математик, вооружившись логарифмической линейкой, не сможет сделать миллиона вычислений даже за целый год.

Важно отметить, что развитие вычислительной техники шло по различным направлениям. В одних типах машин основной упор делался на их быстродействие, в других — на увеличение объема памяти, в третьих — на возможность решения логических задач, в четвертых — на максимальное упрощение работы человека на этих машинах и т. д. Наряду с такими универсальными гигантами, как БЭСМ-6, появились машины среднего класса, например, «Минск-32» (специально ориентированная на решение планово-экономических задач) или малые машины, например, МИР (специально разработанная для быстрого и удобного выполнения инженерных расчетов).

Заметим, что в машинах серии МИР впервые в мире была реализована идея приближения внутреннего языка машины к языку пользователей. Эта идея в настоящее время стала общепризнанной линией развития ЭВМ как у нас в стране, так и за рубежом.

70-е годы ознаменовались переходом на Единую Систему ЭВМ в социалистических странах — членах

Совета Экономической Взаимопомощи (СЭВ). Новое, еще более усовершенствованное семейство ЕС ЭВМ сегодня успешно эксплуатируется в Болгарии, Венгрии, ГДР, Польше, Румынии, Чехословакии. В состав этого семейства входят также различные модификации больших, средних и малых ЭВМ.

Вычислительная техника существует и развивается в нашей стране около 30 лет, но она уже прочно заняла важное место в самых различных сферах человеческой деятельности.

ГЛАВНОЕ — ПАМЯТЬ!

С очень древних времен человек создавал самые различные механизмы и машины. Тысячи из них были необычайно талантливы и даже гениальны по своему замыслу и исполнению. Но все это была техника, традиционно направленная на увеличение энерговооруженности человека, его физической силы и скорости передвижения. И вдруг — ЭВМ! Машины, которые принципиально, качественно, отличаются от всего, что ранее было создано человеческим разумом. Ведь речь уже идет о технике, «усиливающей человеческий интеллект». Наличие у ЭВМ памяти, их способность хранить, перерабатывать и передавать информацию позволили впервые с помощью технических приспособлений широко вторгнуться в сферу умственной деятельности человека практически во всех ее областях.

К сожалению, даже сейчас еще многие недооценивают значительность этого научно-технического события, его колоссальные социальные последствия.

Накапливая опыт широкого внедрения ЭВМ, человек осознал, что не только физическую, но и многие виды умственной работы можно смело переложить на эти удивительные машины — могучих помощников человека. И очень важно то, что существует немало видов работ, традиционно относившихся к сфере умственной деятельности, которые ЭВМ может не просто выполнять, но и делать это гораздо быстрее и точнее человека.

Вспомним традиционные для человека формы записи различной информации. Это всевозможные бумажные документы, справочники и таблицы, инструкции и отчеты, книги и журналы. Это фотографии, ки-

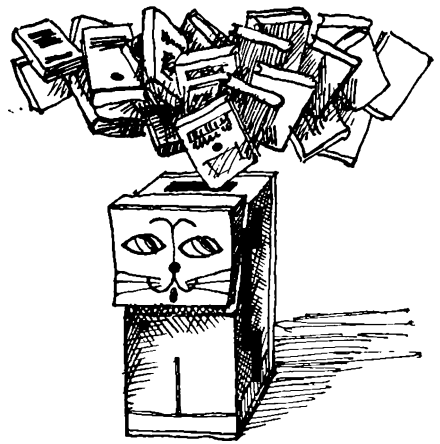
ноленты, магнитофонные записи и т. д. Но, сравнивая все это с процессом использования ЭВМ, мы сразу увидим ряд существенных отличий.

Во-первых, запись информации в ЭВМ происходит гораздо быстрее. Современные ЭВМ третьего поколения могут получать и выдавать информацию по различным каналам связи одновременно от десятков и даже сотен объектов (причем территориально удаленных от самой машины) со скоростями в несколько миллионов символов в секунду.

Во-вторых, поиск и выдача необходимой информации происходит в ЭВМ значительно быстрее, чем в перечисленных выше традиционных формах хранения информации. Конечно, люди давно научились ускорять этот процесс. Например, сразу записывать информацию в алфавитном порядке (как делается в энциклопедиях или адресных книгах), располагать ее в хронологическом порядке (подшивки газет и журналов в библиотеке), составлять каталоги или вводить специальную индексацию. И тем не менее, в большинстве случаев поиск и выдача нужной информации в ЭВМ измеряются долями секунды, т. е. происходят в сотни и тысячи раз быстрее, чем традиционные поиски в регистрационных журналах, справочниках и архивах.

В-третьих, современные ЭВМ обладают колоссальными объемами памяти. В машинах, как известно, есть два вида памяти: оперативная (внутренняя) и внешняя. Оперативная память обеспечивает практически мгновенный поиск и выдачу необходимой информации, но именно по этой причине она ограничена. Внешняя память имеет гораздо большую емкость, но обращение к ней уже требует времени. Это время мало в нашем привычном понимании, измеряется (в зависимости от вида памяти) от сотых долей секунды до нескольких минут, но при современных скоростях работы ЭВМ это уже считается «задержкой». Для характеристики объемов машинной памяти приведем некоторые данные. Оперативная память ЭВМ второго поколения измерялась десятками тысяч чисел или символов. А у ЭВМ третьего поколения ее емкость — сотни тысяч и даже несколько миллионов символов. Объем же внешней памяти машины позволяет «записать» уже несколько миллиардов знаков.

Напомним, что одна страница обычного машинописного текста содержит 30—32 строки по 62—64 знака, т. е. около 2 тысяч знаков. Книга среднего формата в 300—400 страниц содержит не более 1 миллиона знаков. Теперь нетрудно подсчитать, что в памяти одной ЭВМ можно записать содержание многих тысяч книг.

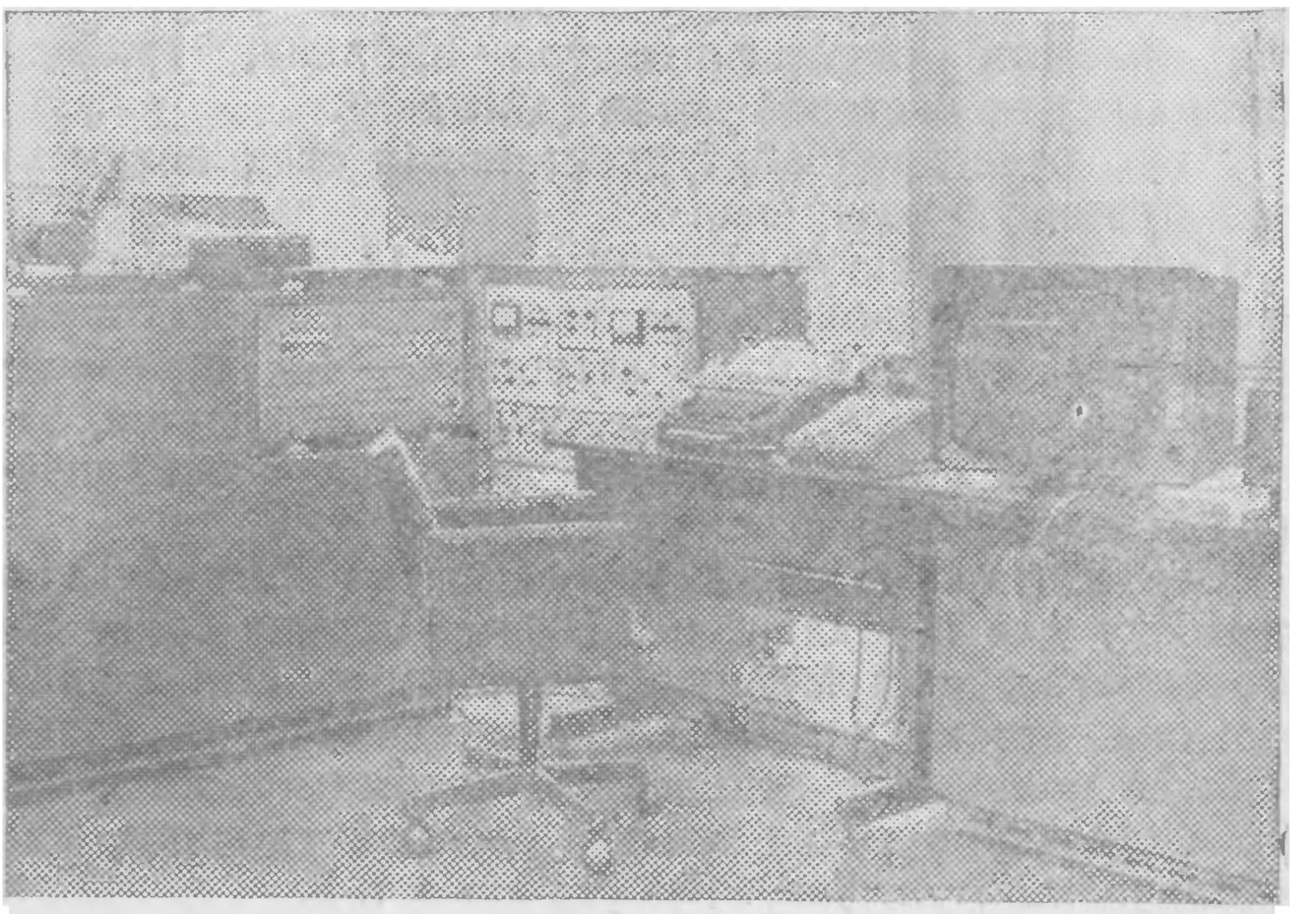


Такая колоссальная вместимость запоминающих устройств современных ЭВМ позволяет сегодня создавать на их основе целые «информационные массивы» и «банки данных». Так, например, одна мощная машина, функционирующая в информационно-вычислительном центре предприятия, способна удерживать в своей памяти самую подробную информацию обо всем, что происходит на этом предприятии. Причем это может быть не только редко меняющаяся информация (как, например, количество имеющегося оборудования, инструкции по допустимым отклонениям от расчетных данных и т. д.), но и такая часто меняющаяся информация, как наличие деталей на складах, ежедневные данные о ходе выполнения плана и многое другое.

Интересно и то, что некоторые ЭВМ конструктивно устроены так, что в них сразу заложены определенные «знания». Так, например, разработанные в Институте кибернетики Академии наук УССР маши-

ны МИР-1 (1965 г.), МИР-2 (1969 г.) и МИР-3 (1974 г.) уже при своем «рождении» обладали некоторыми математическими знаниями на уровне второго курса вузовской программы.

И наконец, в-четвертых, (и, пожалуй, это самое главное), ЭВМ не просто быстро воспринимают и выдают информацию, а способны ее перерабатывать по



заданному человеком алгоритму. Поясним, что это значит.

Все уже перечислявшиеся традиционные формы записи информации позволяют лишь фиксировать ее. И впоследствии человек сможет найти эту информацию только в том виде, в каком она фиксировалась. Действительно, сколько времени не храни справочник или магнитофонную кассету, их содержание нисколько не изменится.

Использование ЭВМ открывает принципиально новые возможности. Проиллюстрируем сказанное на одном примере.

В горячую пору вступительных экзаменов во многих высших учебных заведениях нашей страны успешно функционирует автоматизированная информационно-справочная система «Абитуриент». Одна ЭВМ средней мощности успешно справляется со всем пото-

ком информации, ежедневно и ежечасно поступающей в приемную комиссию. Машина заранее обучена нужным образом перерабатывать эту информацию, а именно, суммировать данные по различным графам сводной таблицы, пересчитывать процентные соотношения, определять средний балл и многое другое. В любой нужный момент машина может выдать запрашиваемую информацию, отпечатанную на специальном автоматическом печатающем устройстве, или вывести результирующую таблицу, график, диаграмму на световой экран (дисплей).

Итак, очередной абитуриент подал свои документы в приемную комиссию:

Петров Александр Николаевич, 17 лет, русский, член ВЛКСМ, закончил среднюю школу № 18 города Чернигова, средний балл аттестата — 4,5, производственного стажа нет, в общежитии не нуждается, заявление подал на факультет АСУ, на специализацию — экономическая кибернетика.

Вся эта информация заносится на специальную карточку для передачи ее в ЭВМ. Машина сразу же переработает поступившую информацию. Это значит, что она автоматически добавит единичку в графе «Общее количество заявлений», автоматически добавит единичку в таких графах сводной таблицы, как «Количество мужчин», «Без стажа» и т. д.

При этом машина перепечатает без изменений такие графы сводной таблицы, как «Количество женщин», «С производственным стажем», «Нуждаются в общежитии» и др.

Одновременно ЭВМ пересчитает соотношение количества заявлений на различные факультеты и специализации. Например, было:

Всего заявлений	На факультеты			
	АСУ	радиотехники	энергетики	
2 456 (100%)	212, т. е. 8,63%	190, т. е. 7,74%	156, т. е. 6,35%	

Теперь же эта таблица автоматически примет следующий вид:

Всего заявлений	- На факультеты			
	АСУ	радиотехники	энергетики	
2 457 (100%)	213 (8,67%)	190 (7,73%)	156 (6,35%)	

Заметим, что обычно в целях ускорения работы ЭВМ и для «уплотнения» записи информации в подобных машинных документах названия факультетов, названия многих граф в сводных таблицах и т. д. впечатываются в заранее обусловленном сокращенном виде.

Разумеется, в случае необходимости ЭВМ сможет мгновенно выдать информацию и о самом абитуриенте А. Н. Петрове, зафиксированную на специальной карточке.

Мы кратко остановились лишь на четырех существенных достоинствах памяти ЭВМ (скорость записи информации, быстрота поиска и выдачи ее, объем памяти, возможность перерабатывать поступившую информацию). Но, пожалуй, и этого вполне достаточно, чтобы оценить колоссальное значение, которое имеет память современных ЭВМ для научно-технического прогресса.

А ЕСТЬ ЛИ У НИХ НЕДОСТАТКИ?

Наряду с большими достоинствами первые ЭВМ имели и множество недостатков. Тридцатилетний период развития и совершенствования вычислительной техники позволил устранить многие из них, но ряд недостатков по-прежнему остался. И главный среди них — сложность «разговора» человека с машиной.

В чем же здесь дело? Известно, что, решая какую-либо математическую или логическую задачу, обрабатывая поступившую информацию, человек, как правило, пользуется определенными алгоритмами (т. е. последовательными процедурами). И на вопрос: «Как ты решил эту задачу?», многим из нас нередко приходилось длинно объяснять — что, почему, в каком порядке и как именно было проделано.

Действительно, любую (даже очень сложную) математическую или логическую процедуру в конце концов можно разложить на последовательность (пусть очень длинную) элементарных операций. Именно такой процесс и лежит в основе подготовки задачи для ее решения на ЭВМ. Программирование — это есть формальный процесс перевода алгоритма, записанного в привычном для человека виде, в форму, понятную вычислительной машине. Программа для ЭВМ — это набор простых, точных, понятных машине и выполнимых ею команд. Программа должна обеспечить автоматическую и непрерывную работу машины и привести к нужному результату.

Набор команд современных ЭВМ включает прежде всего арифметические операции: сложение, вычитание, умножение и деление. Имеются и специальные команды, например, выполняющие операции сравнения, условного перехода, логические операции.

Таким образом, для решения на ЭВМ даже достаточно простой задачи человек должен скрупулезно подготовить длинную цепочку четких машинных команд, которые понимает и может исполнить данная ЭВМ. При этом в программе какие бы то ни было ошибки (даже самые незначительные) абсолютно недопустимы.

«Сердцем» вычислительной машины является ее центральный процессор. Именно здесь происходит обработка информации по заданной программе. При этом обрабатываемая информация и сама программа помещаются в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Как уже отмечалось, программа решения задачи на ЭВМ строится из отдельных машинных команд (т. е. очень мелких «строительных элементов») и требует абсолютной точности. Поэтому программирование является весьма кропотливым и трудоемким делом. Чтобы облегчить и ускорить процесс программирования, создаются и используются более крупные программные блоки. Например, стандартные программы вычисления элементарных функций $\sin x$, $\cos x$, $\ln x$, e^x и др. Теперь всякий раз, когда программисту необходимо вычислить значения одной из этих функций, ему достаточно включить соответству-

ющую подпрограмму в составляемую им основную программу.

В последние годы для удобства пользователей организованы фонды алгоритмов и библиотеки стандартных программ, написанных на наиболее распространенных языках программирования.

Что же такое «язык программирования»? Как мы уже говорили, программа для ЭВМ состоит из последовательности отдельных команд. Каждая команда в свою очередь содержит четкие указания машине: «что делать» и «где делать», т. е. определяет код операции, которую надо выполнить, адрес данных, над которыми надо произвести эту операцию, и адрес — куда поместить полученный результат. Например: «Сложить число, находящееся в ячейке оперативного запоминающего устройства № 0235, с числом, находящимся в сумматоре, и результат оставить в сумматоре». Каждую подобную команду-приказ человек должен записать с помощью специальных символов и по определенным правилам, т. е. записать на «машинном языке».

Всем известно, что языки народов мира состоят, как правило, из сравнительно небольшого количества простых букв. Но в процессе тысячелетней истории развития человеческой культуры многие из них приобрели высочайшую гибкость, образность, выразительность, красоту. История развития современных машинных языков насчитывает всего три десятилетия. Но и за такой короткий промежуток времени в этой области произошло много перемен. На первых порах, ориентируясь на самые различные типы ЭВМ, специалисты быстро создали сотни и даже тысячи разнообразных машинных языков. Такое обилие их, естественно, вызывало большие неудобства. И лишь в 60-е годы началась работа над созданием единых языков программирования. Так появились универсальные языки АЛГОЛ, ФОРТРАН, ПЛ и др.

Современные высокоразвитые языки программирования уже позволяют человеку в более удобном для него виде записывать задание для машины (например, в виде привычных алгебраических соотношений) и печатать эту программу на стандартной пишущей машинке. А заранее введенная в память ЭВМ специальная программа-транслятор переведет все это

на понятный машине язык (тот самый, где четко указываются код операции, номер ячейки ОЗУ и т. д.).

Развивается вычислительная техника, расширяется поле ее деятельности и, безусловно, дальнейшего усовершенствования требуют языки программирования. Этой важной работой сегодня заняты многие ученые и специалисты. И хотя в данной области уже много сделано, тем не менее, «разговор» человека с ЭВМ все еще остается сложной процедурой, в большой степени зависящей от квалификации программиста.

Чтобы еще раз подчеркнуть важность работы современного программиста и уровень требований к нему, процитируем выдержку из статьи А. Ершова и Г. Звенигородского *): «Программист должен обладать способностью первоклассного математика к абстракции и логическому мышлению, в сочетании с эдисоновским талантом соорудить все, что угодно, из нуля и единицы. Он должен сочетать аккуратность бухгалтера с проницательностью разведчика, фантазию автора детективных романов с трезвой практичностью экономиста. А кроме того, программист должен иметь вкус к коллективной работе, понимать интересы пользователя и многое другое».

Если попытаться вкратце проиллюстрировать процесс решения некоторой практической задачи на ЭВМ, то выглядит это примерно так.

Все начинается с деловой встречи заказчиков — представителей организации, обратившейся за помощью в научно-исследовательский институт, и кибернетиков — специалистов по машинным методам решения задач. Заказчики ставят задачу. Допустим, речь идет о перевозке грузов в контейнерах на некоей международной морской линии.

На данной линии, включающей в себя 8 заграничных портов, постоянно курсируют 5 специализированных судов-контейнеровозов, суммарная вместимость которых 1400 контейнеров международного стандарта (по 20,32 т). На первый взгляд для четкой работы линии достаточно иметь трехкратный запас контейнеров, т. е. 4200 штук (один комплект контей-

*) Ершов А., Звенигородский Г. Зачем надо уметь программировать? — Квант, № 9, 1979.

неров находится на судах и по одному комплекту в портах погрузки и портах выгрузки). Однако за данной линией постоянно закреплено 6000 контейнеров, но и это количество не всегда обеспечивает успешное выполнение плана грузовых перевозок. Поясним, почему так происходит. После прибытия судна в порт назначения контейнер с грузом отправляется железнодорожным или автомобильным транспортом его адресату. Освобожденный контейнер затем без промедления отправляется обратно в порт. Итак, через 3, или 5, а иногда и 8 суток данный контейнер оказывается в том же порту, где его сгрузили с судна, но уже порожним. Однако в этот период в данном порту может оказаться небольшое количество груза и соответственно невелика потребность в контейнерах. Таким образом, в одних портах линии постепенно образуется избыток порожних контейнеров, а в других портах — их нехватка.

Имея определенные обязательства по перевозке грузов, невыполнение которых по международным правилам сопровождается крупным денежным штрафом, работники пароходства при нехватке своих порожних контейнеров в некоторых портах линии вынуждены временно арендовать недостающее количество контейнеров у иностранных фирм. А это естественно ведет к убыткам.

Учитывая возможность такой ситуации, представители пароходства (выступающие в данном случае в роли заказчиков) обращаются к кибернетикам с просьбой помочь улучшить положение дел на линии. Итак, необходимо наладить такую систему оперативных расчетов, которая позволила бы быстро и точно определить, какое количество порожних контейнеров откуда и куда следует перевести для обеспечения успешного выполнения плана грузовых перевозок. В этих порожних контейнерах курсирующие на линии суда могли бы перевозить грузы сверх запланированных. Если же приходится прибегать к аренде, то следует заранее рассчитать, в каком порту и какое количество контейнеров выгоднее всего арендовать. Все вышеизложенное на языке специалистов называется «содержательной постановкой задачи».

Кибернетики сразу же обрушивают на заказчиков град вопросов: существует ли твердое расписание дви-

жения судов на линии? На какой период времени заранее известно, сколько груженых контейнеров нужно принять в том или ином порту? Сколько порожних контейнеров может взять каждое конкретное судно сверх своей полной загрузки? Каков средний по времени «оборот» контейнера с суши в порт в порожнем виде? И так далее.

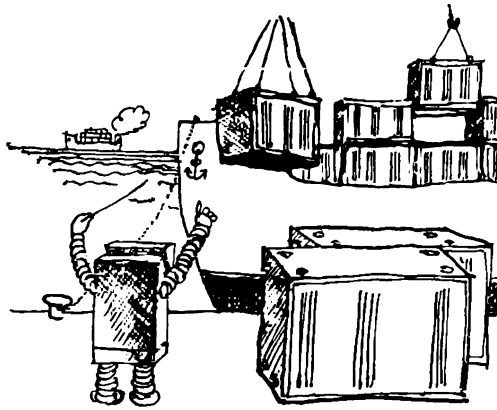
Специалисты приступают к математической постановке задачи. При этом, как правило, они стремятся формулировать задачу в общем виде: имеется N портов, n судов вместимостью соответственно $p_1, p_2, \ldots, p_n$; среднее время оборота контейнера с суши в i-м порту равно t_i $(i = 1, 2, \ldots, N)$; средняя стоимость аренды одного контейнера в i-м порту равна C_i и т. д. Здесь очень важно правильно определить зависимость между величинами, выделить ту группу буквенных параметров, которыми мы можем управлять.

Итак, составлены все необходимые математические соотношения в общем (буквенном) виде, математически сформулирована цель задачи. Но даже и в этом математическом виде задача все еще не будет понята электронной вычислительной машиной.

Начинаются поиски метода решения данной задачи на ЭВМ. А это тесно связано с характером искомых величин, с видом математических уравнений и неравенств. Для решения одной задачи подходит уже хорошо знакомый многим «метод линейного программирования» (см. ниже). В другой задаче, с учетом случайного характера некоторых величин, необходимо применять метод, получивший название «двухэтапной задачи стохастического программирования». А в третьей задаче может оказаться, что необходимо специально разработать некоторую модификацию одного из известных методов. Здесь все зависит от уровня знаний и опыта специалиста, решающего данную задачу.

Итак, метод найден. Теперь кибернетик начинает ориентироваться на конкретный тип ЭВМ, на тот или иной язык программирования.

Разрабатывается алгоритм решения задачи и составляется блок-схема будущей машинной программы. Здесь очень важным моментом является размерность задачи. Хватит ли оперативной памяти машины, чтобы поместить в ней всю необходимую инфор-



мацию? Ведь мы уже знаем, что обращение к внешней памяти ЭВМ снижает скорость машинного решения задачи.

Остановимся более детально на понятии «размерность задачи». Как известно, обычную систему трех математических уравнений с тремя неизвестными, как правило, труднее решить, чем аналогичную систему двух уравнений с двумя неизвестными. А систему пяти уравнений с пятью неизвестными — решить еще сложнее. Так вот, размерность задачи определяется именно числом переменных величин, фигурирующих в задаче, количеством уравнений (или ограничений), которым должны удовлетворять эти переменные. Естественно, что чем выше размерность задачи, тем сложнее она решается. В данном случае, говоря о размерности задачи, мы в первую очередь имеем ввиду следующее обстоятельство.

Для моментов захода каждого судна в порт нам нужно определить, сколько порожних контейнеров это судно должно принять или сгрузить, нужно ли прибегать к аренде, в какой из портов вести порожняк, и т. д. Таким образом, для каждого судо-захода нужно определить 11 переменных величин при 6 ограничениях (так оказалось в данной конкретной задаче). Судно обходит всю линию за один месяц. Следовательно, в течение этого месяца в каждый из 8 портов по одному разу заходит каждое из 5 судов, т. е. имеем 5 судо-заходов. При этом расписание составлено так, что в каждый из портов очередное судно заходит

через каждые 6 дней. Итого, на линии происходит 40 судо-заходов в месяц. А это дает нам уже 440 переменных величин и 240 ограничений.

Как видно, даже в такой на первый взгляд несложной задаче размерность оказалась достаточно большой.

Очень трудоемким этапом в процессе машинного решения задачи является программирование. Оно выполняется на специальном, понятном машине языке. В данном случае, это, например, язык ФОРТРАН-IV. Длительность программирования в большой степени зависит от опыта и квалификации математика-программиста, а также от того, имеется ли подобная программа (или ее отдельная часть — подпрограмма) в специальной библиотеке алгоритмов и программ.

Составленная программа должна быть отлажена на машине (т. е. необходимо постепенно исправить все ошибки и неточности, которые, как правило, неизбежны в длинной программе). Для этого программисту нужно несколько раз заказывать для себя в вычислительном центре машинное время и работать на ЭВМ.

Здесь уже многое зависит от второй группы специалистов — о тех, кто обеспечивает четкую работу вычислительной техники. Многое здесь зависит и от уровня организации работы в вычислительном центре.

Итак, пусть программа отлажена и опробована на контрольных примерах. Теперь можно приступать к окончательному решению задачи на ЭВМ. Впрочем, понятие «окончательное решение» для данной задачи не подходит. Ведь это задача оперативного управления и по конкретным исходным данным, переданным из морского пароходства, делается расчет оптимальной перевозки порожних контейнеров между портами линии на ближайшие шесть дней и на месяц. Время счета на ЭВМ ЕС-1040 — 5 мин. И это с учетом плана грузовых перевозок, расположения судов на линии, количества контейнеров, находящихся в каждом из портов и ожидаемых с суши, с учетом стоимости погрузочно-разгрузочных работ, стоимости аренды контейнеров и многого другого. Итак, ЭВМ делает расчет и выдает обоснованные рекомендации. На их основе ответственные работники пароходства принимают решения и направляют их капитанам судов и своим представителям в портах данной линии.

Но через несколько дней ситуация на линии может измениться. Получив новую исходную информацию, ЭВМ снова за 5 мин делает расчеты, теперь уже на очередной период времени, уточняя свой ранее составленный месячный план. И снова на основании машинных расчетов и рекомендаций работники пароходства принимают необходимые решения.

Как все быстро и просто! Но мы-то уже знаем, какой большой труд специалистов стоит за этими пятью минутами работы ЭВМ.

Действительно, подготовка сложной задачи к ее решению на ЭВМ, диалог человека с машиной все еще остаются очень трудоемкими процессами. И хотя в последние годы очень много сделано для их упрощения и ускорения, они по-прежнему являются серьезным препятствием для повсеместного и массового использования ЭВМ.

Конечно, говоря о недостатках электронных вычислительных машин, а точнее, о трудностях их внедрения, следовало бы упомянуть и о высокой стоимости хороших ЭВМ, и о необходимости подготовки большого отряда высококвалифицированных специалистов по эксплуатации, и о многом другом. Но мы совершенно сознательно остановились лишь на одном, но главном их недостатке.

Следует сказать, что в последние годы ученые много работают над тем, чтобы научить машины распознавать звуковые и графические сигналы, наделить их элементами интеллекта. И в этом направлении уже имеются некоторые успехи. Но пока еще не пришел тот момент, когда человеку достаточно будет взять в руки микрофон и сказать: «Машина, слушай мою команду! Надо решить следующую задачу...».

ТРИ ПОКОЛЕНИЯ ЭВМ

Мы уже упоминали о существовании различных поколений электронных вычислительных машин. Это условное деление принято в зависимости от того, на каких научных и технических принципах построены те или иные ЭВМ. Главным различием является их элементная база.

Для нашего дальнейшего разговора об использовании ЭВМ в автоматизированных системах управ-

ления и в ОГАС очень существенно понимание отличия современных машин от их предшественников.

К первому поколению принято относить ЭВМ на электронных лампах. Они просуществовали сравнительно недолго — с конца 40-х и до начала 50-х годов. В советской вычислительной технике к этой категории относились машины МЭСМ, «Стрела», «Урал» и первая модель БЭСМ.

О МЭСМ уже шла речь в начале данной главы. Что же касается остальных машин, то их можно охарактеризовать следующими показателями: «Урал»: быстродействие — 100 операций в секунду, оперативная память — 1024 числа; «Стрела»: быстродействие — 2 тысячи операций в секунду, оперативная память — 2048 чисел; БЭСМ: быстродействие — до 10 тысяч операций в секунду, оперативная память — 2048 чисел.

Все эти машины имели уже по нескольку тысяч полупроводниковых диодов, но электронные лампы по-прежнему занимали важное место в их конструкции.

Недостатки машин первого поколения вполне очевидны. В первую очередь — малое быстродействие и очень ограниченная память, базировавшаяся на электроннолучевых трубках. Кроме того, все они были громоздкими по своим габаритам (особенно, если иметь в виду и вспомогательное оборудование), потребляли большое количество электроэнергии. Надежность их работы оставляла желать много лучшего. И наконец, эксплуатация этих машин оказалась весьма дорогостоящим делом.

ЭВМ первого поколения, несмотря на многие их технические недостатки, однако, помогали успешно решать различные практические задачи, позволяли значительно ускорять выполнение многих трудоемких расчетов. Напомним также, что эти машины могли производить не только арифметические, но и многие логические операции.

В конце 50-х годов на смену им пришли ЭВМ второго поколения — машины на полупроводниковых триодах — транзисторах. Они сразу же позволили уменьшить габариты ЭВМ, повысить надежность их работы, а главное — резко увеличить их быстродействие. Посудите сами: БЭСМ-4 — около 20 тысяч опе-

раций в секунду; М-220 — 30 тысяч; «Урал-11» — 50 тысяч; «Минск-32» — 65 тысяч; «Урал-16» — 100 тысяч; БЭСМ-6 — до 1 миллиона операций в секунду.

По-новому была устроена и память ЭВМ второго поколения. Использование ферритовых элементов позволило в сотни раз увеличить объем оперативной памяти. Во внешней памяти информация хранилась на магнитных лентах. Значительно возросла и скорость обращения к запоминающему устройству машины. В этом отношении некоторые ЭВМ второго поколения можно охарактеризовать такими данными:

«Минск-22»: емкость оперативного запоминающего устройства — 8192 числа, время обращения к памяти — 24 мкс (мкс — микросекунда, т. е. одна миллионная доля секунды),

М-222: емкость — 32 768 чисел, время обращения к памяти — 6 мкс,

«Минск-32»: — емкость 65 536 чисел, время обращения к памяти — 5 мкс., БЭСМ-6: емкость — 65 536 чисел, время обращения к памяти — 2 мкс.

ЭВМ второго поколения успешно применялись не только для решения математических и инженерных задач, но и для выполнения многочисленных планово-экономических расчетов. В этом смысле наиболее распространенными в нашей стране оказались машины «Минск-22» и «Минск-32». Именно они стали базовыми ЭВМ для многих автоматизированных систем управления предприятиями.

Широкое распространение машин второго поколения в середине 60-х годов быстро привело к тому, что к их помощи стали все чаще и чаще обращаться представители самых разных отраслей науки, техники и народного хозяйства. Резко возрос спрос на вычислительную технику и на машинное время. ЭВМ уже отлично помогали управлять быстротекущими процессами в металлургическом производстве, находили наилучшие варианты для укладки нефтепроводов и строительства новых автомобильных дорог, они выполняли неимоверно трудоемкие расчеты для физиков и самолетостроителей, помогали оптимально планировать грузовые перевозки, даже успешно играли в шахматы. ЭВМ стали незаменимыми в деле подготовки и осуществления космических полетов.

Именно в этот период быстро возрастала роль математиков-программистов и все сильнее ощущалась их нехватка. Изучение вычислительной техники, методов и языков программирования было включено в учебные планы многих высших учебных заведений.

Стремясь повысить эффективность использования ЭВМ, ученые начали активно разрабатывать новые алгоритмы машинного решения задач, совершенствовать языки программирования и трансляторы, создавать хорошие программы решения многих типичных задач. Все это получило название — «математическое обеспечение ЭВМ».

Для иллюстрации роли эффективного алгоритма приведем такую задачу-шутку. Вы захотели узнать чей-то день рождения. Вы задаете вопросы, на которые Ваш собеседник должен отвечать только «Да» или «Нет». Как Вам следует поступить, чтобы узнать его день рождения, задав как можно меньше вопросов?

Вы начали задавать вопросы:

— Ты родился 15 апреля?

— Нет.

— 27 сентября?

— Нет.

— 3 июня?

— Нет.

. . . . . .

Поступая таким образом, т. е. наугад перебирая различные дни года, Вы можете случайно узнать его день рождения и после 12-го вопроса, и после 135-го, и после 208-го. А может быть, Вам придется задать и 364 вопроса. Такой метод, конечно, неэффективен.

Но стоит Вам найти хороший алгоритм решения данной задачи и Вы можете, не опасаясь случайностей, быстро прийти к успеху. Вот как это происходит.

Первый вопрос:

— Ты родился в первом полугодии?

— Нет.

И первые шесть месяцев года Вы уже дальше не рассматриваете.

— Ты родился в третьем квартале?

— Да.

И последние три месяца года уже также «отпали».

Продолжая таким образом дробить остающийся временно́й интервал пополам, Вы можете узнать день рождения Вашего собеседника, задав ему всего 9 вопросов.

Примерно так же обстоит дело и в кибернетике. Неудачный алгоритм, нерационально составленная программа приводят к лишним затратам машинного времени, и даже в типичных экономических задачах ЭВМ будет долго перебирать огромное количество всевозможных вариантов в поисках наилучшего решения.

В конце 60-х годов специалисты пришли к верному выводу, что основное значение имеет эффективность использования ЭВМ, а значит, и уровень программного обеспечения.

И оказалось, что, даже обладая высоким быстродействием и большой памятью, ЭВМ второго поколения уже не могли полностью удовлетворить возросшие запросы пользователей.

ЭВМ третьего поколения — детище 70-х годов, машина на интегральных схемах. «Интегральный» здесь обозначает объединенный и упорядоченный. Интегральная схема — это миниатюрный электронный прибор в виде кристалла, на который по специальной технологии напылены десятки элементов (диоды, транзисторы, конденсаторы и т. д.), герметизированный в одном корпусе как единое целое*). Это, естественно, позволяет значительно уменьшить размеры электронных приборов и резко повысить надежность их работы.

Машины третьего поколения миниатюрнее своих предшественников, надежнее в работе, гораздо удобнее в эксплуатации, потребляют меньше энергии. Увеличилось их быстродействие и особенно память. ЭВМ третьего поколения «умеют делать» значительно больше, чем полупроводниковые машины и во много раз лучше «понимают» задания, выданные человеком. Это достигается за счет отличной организации

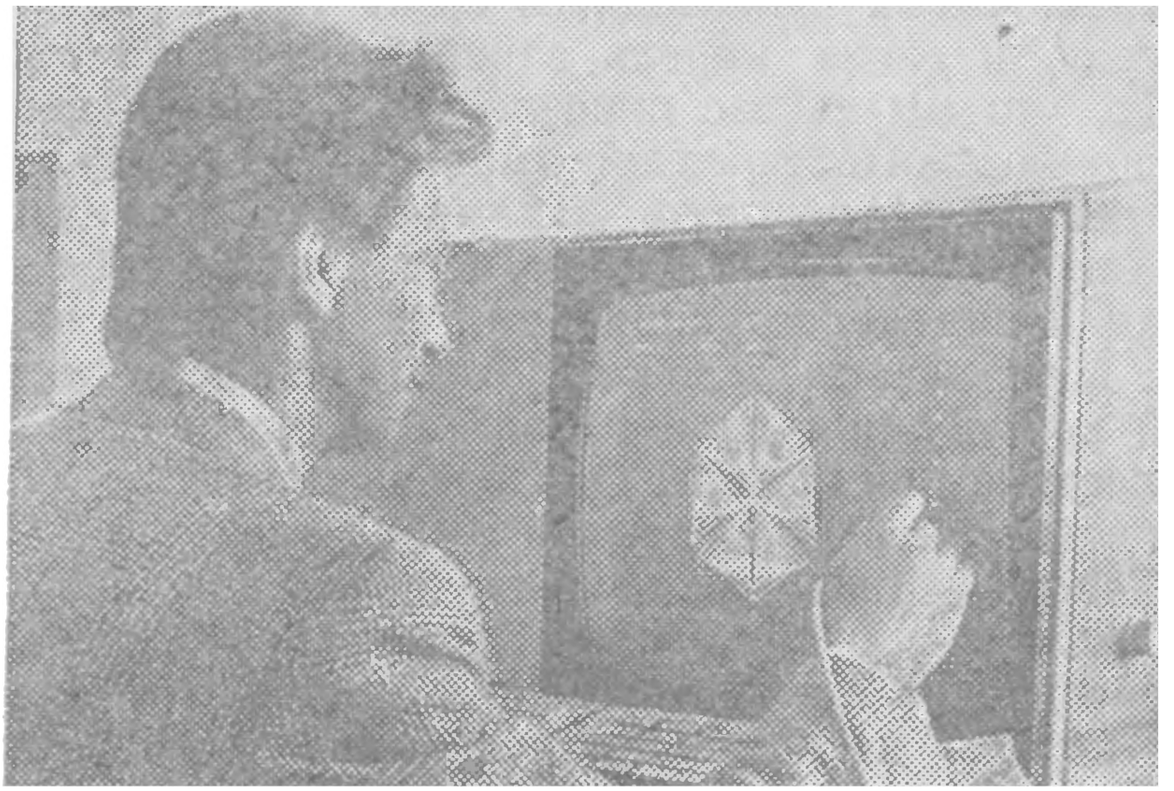
*) В интегральных схемах ЭВМ четвертого поколения на одном кристалле помещаются сотни и даже тысячи элементов.

внутренней структуры машины и благодаря наличию широкого комплекса вспомогательного периферийного оборудования.

Что же понимается под периферийным оборудованием, которое облегчает диалог человека с ЭВМ? Это прежде всего, устройства для ввода информации в машину. Осуществлять его можно непосредственно с клавиатуры общеизвестного телеграфного аппарата — телетайпа, даже находясь очень далеко от машины и пользуясь каналами связи. Появились выносные пульты ЭВМ, получившие название «терминалов». С их помощью можно пользоваться ЭВМ, находящейся даже в другом городе.

К периферийному оборудованию относятся и специальные устройства вывода информации из машины. Это и удивительные «графопостроители», которые могут автоматически рисовать на листе ватмана сложнейшие чертежи, хранящиеся в памяти ЭВМ.

Но, пожалуй, самыми удивительными являются световой экран и «электронное перо». Они позволяют человеку делать то, что даже сегодня, при современном уровне научно-технического прогресса, многим кажется просто фантастическим. Специалист берет в руки «электронное перо» (именуемое также «световым карандашом») и, прикасаясь к экрану электронно-лучевой трубки (вспомним обычный телевизионный кинескоп), «высвечивает» на нем точки и разнообразные линии. Так можно быстро воссоздать на экране сложный чертеж, рисунок, модель летательного аппарата. Более того, ЭВМ в десятки и сотни раз может ускорить процесс черчения на световом экране. Например, достаточно электронным пером «высветить» точку и дать машине команду — начертить на экране определенную линию с началом в заданной точке. И эта линия сразу же появится на экране. Но вот она оказалась длиннее, чем требуется. Тогда, прикасаясь к экрану тем же световым карандашом, можно мгновенно «стереть» лишнюю часть линии. Готовый чертеж или рисунок можно одной лишь командой, данной ЭВМ, увеличить или уменьшить в масштабе, передвинуть на другую часть экрана и т. д.



Но самое удивительное заключается в следующем. Современная ЭВМ, снабженная световым экраном с клавиатурным пультом ввода информации (дисплей), позволяет уже сегодня решать многие сложные конструкторские, а также экономические задачи путем диалога человека с машиной.

О том, как решается в диалоговом режиме сложная экономическая задача, мы расскажем дальше, а сейчас проиллюстрируем этот процесс на примере инженерно-конструкторской работы. Предположим, авиаконструктор нарисовал на световом экране модель нового оригинального летательного аппарата. ЭВМ при этом, естественно, заранее обучена решать необходимые аэродинамические задачи. Конструктор поручает машине провести расчеты поведения такого летательного аппарата при тех или иных нагрузках (скорость, высота полета и т. д.). ЭВМ быстро выполняет задание. И вот, в соответствии с проводимыми машиной расчетами, летательный аппарат начинает вибрировать на экране. Его крылья, как бы преодолевая сильное сопротивление воздуха, отклоняются от своего первоначального положения. Мы видим на экране полет проектируемого аппарата.

Но вот конструктору что-то не понравилось. Здесь же, на экране, с помощью светового пера он несколько изменяет изгиб крыла. И ЭВМ «поняла» новое

задание. Снова производятся сотни тысяч расчетов в секунду, и снова модель завибрировала на экране.

То, что мы сейчас описали, уже образно названо подобием фантастической «машины времени». Ведь это действительно нечто, напоминающее взгляд в будущее. Мы видим на экране, как поведет себя некоторая новая конструкция при тех или иных нагрузках, в различных условиях. А ведь еще не существует этой конструкции ни в металле, ни даже ее модели в пластике или фанере. Она пока существует лишь в уме конструктора и в памяти ЭВМ.

Говоря о машинах третьего поколения, необходимо отметить и следующее важное обстоятельство. Происшедший в нашей стране в 70-е годы повсеместный переход на новую Единую Систему ЭВМ, позволил добиться полной совместимости всех классов электронных вычислительных машин и всех типов разнообразного периферийного оборудования. А главное, ЭВМ стали совместимы по математическому обеспечению. Это позволило реально ставить вопрос о разработке типовых алгоритмов и программ, о создании целых «фабрик» по их подготовке. Влияние этого фактора на повышение эффективности использования ЭВМ в народном хозяйстве, в решении задач планирования, управления, а также автоматизации переработки информации, поистине огромно. Достаточно вспомнить, как в 60-е годы затрачивался большой труд на решение некоторой задачи (например, на машине «Минск-32») с использованием языка программирования АЛГОЛ. Но результаты этого труда уже нельзя было непосредственно использовать для решения аналогичной задачи там, где пользовались машиной и языком программирования других типов.

Укажем и еще одну особенность, которая принципиально отличает ЭВМ третьего поколения от их предшественников. Это возможность одновременной работы нескольких программ. Что подразумевается под этим? Как отмечалось выше, обработка данных в ЭВМ осуществляется в центральном процессоре под управлением программы. Но мы уже знаем, что немало времени уходит на поиск и передачу данных из внешнего запоминающего устройства в оперативное или наоборот. И все это время центральный процессор простаивает.

В ЭВМ третьего поколения благодаря значительному усовершенствованию операционных систем передача данных осуществляется под управлением специальных коммуникационных процессоров, так называемых каналов. Программа лишь выдает команду на начало передачи данных, а все необходимые операции канал выполняет самостоятельно. В это время программа переходит в состояние ожидания, уступая центральный процессор другим программам. Здесь важная роль принадлежит специальной программе операционной системы, называемой диспетчером. Когда центральный процессор получит сигнал об окончании передачи данных по первой программе, то выполнение текущей программы прервется и уже диспетчер будет решать, какую из программ следует продолжать выполнять.

Таким образом, в ЭВМ третьего поколения удалось добиться одновременной работы и центрального процессора и периферийного оборудования. Благодаря этому значительно выросла их производительность.

Внедрение ЭВМ третьего поколения позволило значительно расширить сферы применения вычислительной техники, разнообразить круг решаемых задач, повысить качество математического обеспечения, упростить диалог человека с машиной. Они позволили повысить эффективность многих автоматизированных систем управления и реально говорить о создании ОГАС.

КОМПЬЮТЕРЫ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

Если проследить тридцатилетний период развития и внедрения вычислительной техники, то роль ЭВМ или, как их часто называют, компьютеров (от латинского слова «computo» — считаю, вычисляю), можно охарактеризовать следующим образом.

50-е годы. ЭВМ используются для решения единичных задач, однако поражают и восхищают своими возможностями. Это вызывает волну фантастических предсказаний о будущих границах применений компьютеров, об их огромной (а иногда — чудовищной) роли в жизни человеческого общества.

60-е годы. Время восхищений и опасений прошло. ЭВМ все активнее применяются в науке, технике, на производстве. Они уже играют важную роль в экономике. Компьютеры становятся надежными помощниками человека.

70-е годы. Требования к возможностям ЭВМ быстро растут. Они уже применяются в новых, нетрадиционных для себя областях. Начинается эра мини- и микрокомпьютеров. ЭВМ становятся необходимыми и незаменимыми участниками научных, производственных, творческих и социальных процессов почти во всех сферах человеческой деятельности.

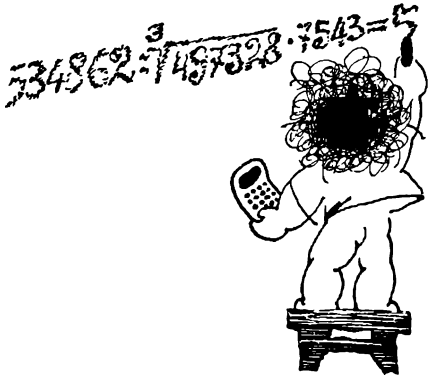
Действительно, стремительно происходящая на наших глазах научно-техническая революция уже немыслима без ЭВМ. Они позволили значительно ускорить темпы выполнения научно-исследовательских разработок в области математики, кибернетики, механики, физики, химии, биологии, материаловедения и многих других отраслей науки. Они сделали возможным совершить скачок вперед в области автоматизации производства, в организации систем учета и контроля, в сфере планирования и управления. Компьютеры помогли поднять на новую, высшую ступень технологию проектирования и конструирования. Они спасают нас от «разбушевавшихся» потоков информации, активно участвуют в информационно-справочной и диспетчерской работе. ЭВМ уже «вторглись» в системы образования и здравоохранения, в искусство и в спорт. Они активно используются для улучшения быта людей.

Следует упомянуть и еще одну важную сферу применения вычислительной техники. Несколько лет назад появились карманные вычислительные машинки — микрокалькуляторы. Такая машинка (например, «Электроника БЗ-18А») может складывать, вычитать, умножать и делить восьмиразрядные числа (т. е. числа от 100 миллионов до чисел с семью знаками после запятой). Она может возводить в степень и извлекать корни, находить обратные величины и считать проценты, вычислять натуральные и десятичные логарифмы. Причем все эти операции выполняются с огромной скоростью. Например, нахождение $\sqrt{7453{,}692}$ происходит так мгновенно, что человеческий глаз не в состоянии заметить хотя бы мельчай-

шую паузу между моментом, когда вы нажали соответствующую кнопку, и тем моментом, когда на табло калькулятора появился результат — 86,334767. Но это еще не все. Машинка может в течение одной секунды находить синусы, косинусы, тангенсы и котангенсы углов, заданных как в градусах, так и в радианах, может находить значения обратных тригонометрических функций. Кстати, чтобы не загружать небольшую память этой машинки громоздкими тригонометрическими таблицами, ее научили находить синусы и косинусы не путем поиска в таблице, а путем мгновенного выполнения нескольких тысяч вычислений. Таким образом, благодаря высокому быстродействию арифметического устройства на него удалось переложить некоторые функции памяти.

Этот микрокалькулятор имеет, как уже указывалось, и небольшую память. В ней, например, хранятся несколько важных математических величин. Это числа $\pi \approx 3{,}1415926$ и $e \approx 2{,}718281$. В эту память можно «сбрасывать» промежуточные результаты вычислений (не выписывая их на бумаге) и уже после серии отдельных подсчетов вывести на табло окончательный результат.

Габариты: 160 × 90 × 46 (мм), масса 400 г, питание от сети и от внутреннего аккумулятора. Стоимость ее почти не превышает стоимости хороших часов или транзисторного радиоприемника.



Но, пожалуй, главное достоинство такой вычислительной машинки состоит в том, что научиться на ней

работать любой человек (даже ученик 5 — 6 классов) может буквально за несколько десятков минут. Для этого достаточно прочитать инструкцию и потренироваться на нескольких примерах. Такая вычислительная техника доступна всем!

А теперь задумаемся над тем, сколько тысяч инженеров и экономистов, бухгалтеров и студентов, продавцов и кассиров вынуждены ежедневно и ежечасно производить различные расчеты. Широкое использование настольных и карманных вычислителей освобождает их от огромной массы рутинной вспомогательной работы. Это, несомненно, имеет и большое социальное значение.

Как известно, до недавнего времени вычислительная техника была очень громоздкой и дорогой, что не позволяло широко применять ее для решения повседневных задач. Но несколько лет назад произошла незаметная для многих революция в микроэлектронике. Появилась возможность изготовления электронных схем, которые помещаются на пластинке кремния, размером четверть квадратного сантиметра, но по сложности эквивалентны нескольким сотням телевизоров. Это позволяет создать электронную вычислительную машину с небольшой памятью, но с современным мощным арифметическим устройством, которая вполне может поместиться в чемодане или даже в портфеле. И это не карманный калькулятор, о котором шла речь выше, а настоящая ЭВМ со всеми ее арифметическими, логическими и управляющими возможностями.

Появление таких микромашин дает возможность совершить резкий скачок вперед в развитии очень многих областей техники. Допустим, например, что такую машину поместили в автомобильный мотор, чтобы она управляла карбюратором и зажиганием. Разумеется, кроме самой микро-ЭВМ, для этого надо разработать и установить в автомобиле некоторые вспомогательные устройства, которые бы связывали работу мотора и ЭВМ. И тогда можно добиться идеального согласования скорости движения автомобиля и нагрузки с функционированием системы зажигания и карбюратора. Это позволит устранить неполное сгорание бензина, уменьшить выбросы отработанных газов, добиться экономии бензина в 10—15%.

Большой экономический эффект от подобного использования микро-ЭВМ совершенно очевиден. Особенно в условиях города, где езда на автомобиле связана с постоянной сменой ритма движения, частым троганием с места и т. д.

Еще недавно, когда описанная выше ЭВМ стоила несколько десятков тысяч рублей и была размером с тумбу письменного стола, о ее установке в автомобиль, разумеется, не могло быть и речи. Сегодня же по габаритам она вполне поместится в моторе, но цена (хотя и уменьшилась во много раз) еще велика — она примерно равна стоимости самого мотора. Однако при освоении промышленностью массового производства таких ЭВМ цена их резко снизится и будет равна стоимости лобового стекла автомобиля или хороших чехлов на его сидения.

В настоящее время уже начинает проявляться тенденция к активному использованию микрокомпьютеров в нашем быту. Его, например, можно встроить в современный кнопочный телефонный аппарат. И если вы набрали какой-то номер и услышали сигнал «занято», вам уже не надо будет повторять набор этого номера. Микрокомпьютер запомнил его. Вы можете установить по своему желанию режим работы ЭВМ, например, повторять вызов каждую минуту. Как только нужный абонент освободится, компьютер уже сам соединит вас с ним.

Или, например, способность такого компьютера запоминать сложные номера. Вы можете записать в его память свою собственную систему кодирования. Допустим, вы часто звоните в Ленинград по такому-то номеру. Весь набор очень длинный (выход на АТС, код города, семизначный номер). Но вы этому длинному номеру присваиваете короткий двузначный код, например, 24. Теперь стоит набрать цифры 2 и 4 и компьютер переделает этот код на нужный вам длинный междугородний номер.

Или еще одна ситуация. Вы ждете важный телефонный звонок, а вас приглашают на совещание в другую комнату. Достаточно сообщить своему компьютеру номер телефона, по которому вы будете находиться, и он точно переадресует ожидаемый звонок.

Теперь становится вполне понятным, какие огромные удобства несет в себе такое применение микро-

компьютеров в телефонных аппаратах. Это позволит повысить эффективность использования рабочего времени многих служащих, поможет в оперативном решении разнообразных деловых вопросов, даст возможность ускорить процесс передачи информации по телефону.

Интересный эффект можно ожидать и от использования микрокомпьютера в телевизоре. По заданной вами программе он будет автоматически включать и выключать телевизор или переключать программы в нужное время (в зависимости от того, что из двух или трех вечерних программ вы заранее выбрали). Это просто удобно. А вот гораздо важнее и интереснее возможность микрокомпьютера вывести на экран телевизора нужную вам информацию, например, прогноз погоды, расписание движения самолетов и т. д. Разумеется, для такой организации справочных услуг по телевизору нужна большая подготовительная работа в масштабах города, где это делается. Но это дело вполне реальное и осуществимое в недалеком будущем.

Кто-то может возразить: «Все эти перспективы применения компьютеров в быту очень увлекательны, но какое это имеет отношение к проблеме создания ОГАС?»

Когда мы говорим о создании ОГАС, то речь идет ведь не только о научно-технических и организационных проблемах, а также о том, что миллионы людей должны привыкнуть к миниатюрной вычислительной машине вместо арифмометра, к современному пульту ввода информации в ЭВМ вместо сотен разнообразных бумажных бланков для заполнения, к электронным датчикам, фиксирующим ход производственных процессов, к дисплеям, на экраны которых выводится информация, необходимая в ходе важного совещания и т. д. И не просто привыкнуть, а осознать огромные возможности компьютеров, увидеть результаты их широкого применения. Необходимо выработать доверие к машинным решениям задач, к результатам безбумажной переработки информации в ЭВМ. Это — одна из весьма серьезных и важных социальных задач

Промышленный робот с программным управлением на вредном и даже опасном для здоровья чело-

века участке производства, микрокомпьютеры в автомашинах, телевизорах и телефонах, удобные и дешевые электронные калькуляторы в руках продавцов и на партах школьников, стиральные машины с шестнадцатью программами управления для выполнения различных видов стирки — все это не только облегчает труд людей и улучшает их быт. Это воспитывает также массовую привычку к компьютерам, доверие и уважение к результатам их работы. Это приучает людей во многих ситуациях мыслить новыми категориями, связанными с оценкой того, что в данном случае может сделать компьютер, и как его лучше применить.

Стремительное развитие научно-технического прогресса говорит о том, что уже в начале XXI века повсюду—на работе и дома, на улице и на транспорте человека будут окружать десятки типов компьютеров. И умение пользоваться ими станет необходимым для людей практически всех профессий.

Специалисты считают, что к началу XXI века человек, не умеющий пользоваться компьютерами, окажется в том положении, в котором в начале XX века находился человек, не умеющий ни читать, ни писать. Разумеется, общение с компьютерами к тому времени значительно упростится.

Но это в будущем. А сегодня, на первых этапах создания ОГАС, важно добиться того, чтобы признание возможностей ЭВМ, доверие к ним, умение их использовать, стало необходимым качеством руководителей производства, экономистов и инженеров, работников плановых органов нашего народного хозяйства.

ВЗРЫВ, КОТОРОГО НЕ СЛЫШНО

ИНФОРМАЦИЯ В НАУКЕ, ТЕХНИКЕ, НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Человек живет в мире, заполненном информацией. Она содержится всюду — в пейзаже за окном и шуме дождя, в человеческой речи и на страницах газет, в афише кинотеатра и вкусе яблока. Благодаря своим органам чувств — зрению, слуху, осязанию, обонянию,— человек черпает информацию и перерабатывает ее с помощью гениально построенного анализирующего устройства — мозга. Полученная информация осмысливается и сортируется. На ее основе мозг вырабатывает управляющие воздействия на глаза и язык, на руки и ноги, на мышцы тела.

Представьте себе водителя автомобиля в процессе движения его по городу. Заранее выработав маршрут, водитель своевременно выполняет все необходимые маневры. Вот он перестраивает свой автомобиль в левый ряд и включает сигнал поворота, который ему предстоит сделать через 100 — 150 м. Но вдруг глаза водителя замечают новый дорожный знак — «Поворот налево запрещен». Мозг мгновенно вырабатывает управляющие воздействия и рука выключает световой сигнал поворота. Автомашина продолжает движение по прямой. Но на этом действие новой информации не заканчивается. На ее основе возникла оперативная задача для мозга: внести быстрые изменения в маршрут движения. Однако и после успешного достижения намеченной в данной поездке цели мозг будет продолжать хранить информацию о том, что на таком-то перекрестке теперь нельзя делать левый поворот.

Кстати, общепринятые знаки дорожного движения, большинство из которых не содержат ни единой буквы или цифры, являются отличным примером краткой и точной передачи важной информации.

Человеческий мозг всегда был и остается уникальным преобразователем информации и отличным хранилищем для нее. Но люди с древних времен научились применять и другие формы хранения информации и постоянно совершенствовать их. Настоящую революцию в этом важном деле произвело изобретение книгопечатания. Однако лишь в последние несколько десятилетий ученые начали серьезно изучать информационные потоки и различные формы их представления и передачи, попытались выработать критерии для определения количества и ценности получаемой информации. Появилась новая наука — теория информации, ставшая важной составной частью кибернетики.

Как известно, любая целенаправленная деятельность человека неизбежно связана с необходимостью добычи, обработки и хранения информации. Но порой бывает очень трудно из огромного потока получаемой информации выбрать главную, самую ценную для достижения поставленной цели. Ценность информации, ее правдивость почти всегда играют для нас решающую роль. Убедительных примеров этому можно привести очень много. Вспомним, например, суровые годы Великой Отечественной войны. Сколько раз наши разведчики и партизаны рисковали жизнью, чтобы добыть план предстоящего наступления противника или сделать фотографию с оперативной карты расположения его войск. Ценность информации, которую несла в себе такая фотография, огромна.

Но вспомним также и то, как часто и умело применяли наши полководцы такой тактический прием, как дезинформацию противника. Для достижения поставленной цели нередко на десятки километров перебрасывались целые воинские соединения, строились ложные аэродромы и укрепления.

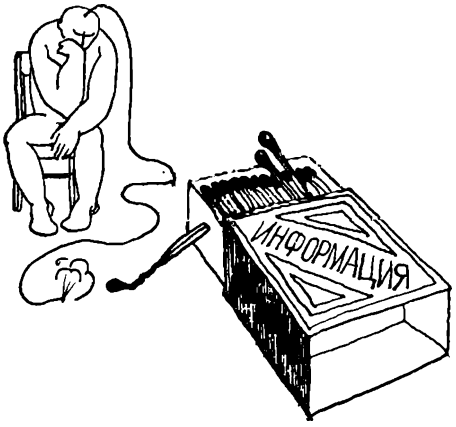
Ценность получаемой информации во многих случаях определяется в зависимости от того, насколько она приблизила нас к поставленной цели или какое количество ресурсов позволила сэкономить. Второй из этих факторов нам особенно важен и интересен в разговоре об экономических проблемах народного хозяйства. В самом деле, можно привести, к сожалению, немало примеров того, когда отсутствие, запаздывание или необъективность какой-то производ-

ственной информации приводили к большим потерям ресурсов (рабочего времени, ценного сырья, материальных средств и т. д.). О важной роли ОГАС в этом вопросе речь пойдет в последующих главах, а пока проиллюстрируем высказанную мысль шуточным примером.

Наверное многие помнят сюжет популярного французского водевиля «Соломенная шляпка» и веселый телевизионный фильм, поставленный по его мотивам. Как много и тщетно пришлось целый день суетиться, нервничать, хитрить и рисковать главному герою в поисках соломенной шляпки, попадать при этом в различные комические ситуации. А причина всему — отсутствие информации о том, что именно такая шляпка лежит в коробке среди его свадебных подарков. Хорошо, что эта информация (а вместе с ней и соломенная шляпка) с большим опозданием, но все же попала к главному герою и позволила благополучно выйти из критической ситуации.

Как мы уже говорили во введении, середина XX века ознаменовалась стремительным ростом информационных потоков во всех сферах человеческой деятельности. Но больше всего этот процесс коснулся науки, техники и производства. Лавина информации! Недаром это явление назвали «информационным взрывом».

Миллионы книг и журналов, сотни тысяч томов научно-технических разработок, инструкций и ведомостей, накладных листов и справок, запросов и от-



ветов. Бумага, бумага, бумага! Кто в состоянии во всем этом разобраться? Где все это хранить?

Огромную роль информации в нашей жизни, стремительный рост ее объемов в последнее время в той или иной степени ощутило подавляющее большинство человечества. Ведь недаром сегодня многие считают информацию краеугольным камнем научно-технического прогресса. Однако далеко не все представляют себе истинные размеры происходящего в мире информационного взрыва.

Если обратиться к области науки и техники, то этот процесс хорошо иллюстрируют цифры, собранные в увлекательной книге Н. и В. Бусленко *).

«За последние 25 лет вышло в свет столько же книг, сколько их было издано до этого, с момента изобретения книгопечатания. За двести лет, с 1750 до 1950 года, население нашей планеты увеличилось в три раза, а число научных журналов — в десять тысяч раз. В 1975 году в мире опубликовано более трех миллионов журнальных статей по естественным наукам и технике, 250 тысяч книг, 500 тысяч описаний к патентам и авторским свидетельствам на изобретения. Число зарегистрированных патентов к этому времени достигло 15 миллионов. Ежегодный объем публикаций составляет сейчас 10 миллиардов печатных страниц; этот объем удваивается примерно через каждые 10 лет».

Естественно, что в этой лавине научно-технических публикаций можно найти много новых оригинальных работ. Но здесь немало и всевозможного научного «брака». И, конечно, масса повторений в тех или иных формах уже ранее полученных кем-то результатов. Поиск научных новинок, даже в конкретной узкой области знаний, превратился сегодня в чрезвычайно сложную задачу. Например, многие математики считают, что в некоторых случаях легче самому или с участием коллег разработать специальный метод для решения определенного класса задач, чем неделями или месяцами рыться в научных журналах и сборниках, надеясь найти там подходящий результат в готовом виде.

---

*) Бусленко Н., Бусленко В. Беседы о поколениях ЭВМ. — М.: Молодая гвардия, 1977.

Но еще более сложная, почти неразрешимая сегодня задача — попытаться быть в курсе всех новинок в своей отрасли науки. Так, специалисту лишь в одной из многих ветвей математики, например, по теории вероятностей, даже теоретически, работая с утра и до ночи, не хватит 365 дней, чтобы бегло просмотреть все работы по этой теории, опубликованные за один год.

Коренное изменение задач, стоящих перед молодым специалистом в современной науке, можно проиллюстрировать и такой шуткой.

20—30-е годы. Аспирант показывает научному руководителю наброски своей статьи. «А не рано ли, молодой человек? Вы ведь еще далеко не всю необходимую литературу изучили. Вот сначала подготовьте обзор всего, что за последние 3—4 года сделано в нашей области, а уже потом и за самостоятельные статьи беритесь».

70-е годы. Научный руководитель говорит аспиранту второго года обучения: «Молодой человек, нельзя так долго сидеть в библиотеках. Всего ведь не перечитаешь. Пора уже и самому что-то делать».

Все это еще раз подтверждает мысль об огромной важности разработки методов направленного поиска нужной информации, о необходимости автоматизации процессов переработки информации и доведения ее до конкретных пользователей.

Нужно учесть и то обстоятельство, что информация, увы, имеет свойство стареть при длительном хранении и терять свою первоначальную ценность. Здесь, возможно, кто-то иронически улыбнется и напомнит известную поговорку: «Новое — это давно забытое старое». Но это, пожалуй, относится к таким сферам человеческой деятельности, как музыкальное творчество, кулинария, мода и некоторым другим. И уже никак не относится к науке, а тем более к экономике.

По подсчетам специалистов общий объем знаний в науке и технике сейчас удваивается каждые 15 лет. Значит, если вы окончили высшее учебное заведение 15 лет назад и тогда знали, допустим, абсолютно все в своей области, то, даже если вы ничего не забыли за эти годы, сегодня вы уже половину всего, что есть в этой области, не знаете. Причем самого нужного,

нового, передового. Такого еще никогда не было в истории человечества. А ведь есть отрасли науки и техники, где удвоение знаний происходит еще быстрее. Здесь научный работник, инженер или другой специалист, не повышавший свою квалификацию в течение 5—6 лет, становится беспомощным. Именно к таким отраслям относится автоматизация производства, планирования и управления.

Сейчас, как никогда ранее, большую роль играют хорошо организованные формы и методы непрерывного повышения квалификации специалистов, особенно инженерно-технического, планово-экономического и административного персонала. Непрерывное обучение становится неотъемлемой частью научно-технической революции.

Но еще более стремительно, чем в области науки и техники, растут информационные потоки и возникающие при этом задачи на производстве, особенно в сфере планирования и управления. Еще в начале 60-х годов специалистами была определена зависимость роста учетно-плановой информации от роста объемов производства. И оказалась она более, чем квадратичной! Иными словами, если за несколько лет путем использования определенных капиталовложений некоторое предприятие увеличило в три раза объем и номенклатуру своей продукции, то объем учетно-плановой информации вырос при этом более, чем в девять раз.

Тогда же, в начале 60-х годов, специалисты подсчитали, что если продолжать перерабатывать учетно-плановую информацию в нашем народном хозяйстве старыми методами, то через 15 лет (т. е. в конце 70-х годов) в этой сфере придется занять чуть ли не все население страны. Но 70-е годы кончились, а такой катастрофы, как видим, не произошло. И это есть результат существенного изменения методов и форм переработки информации в нашем народном хозяйстве. Это результат применения в этой области электронных вычислительных машин.

И еще один интересный расчет был сделан в 60-е годы. Он относился к объему всевозможных вычислений, которые необходимо производить в процессе управления народным хозяйством. Оказалось, что ежегодно нужно совершать 10^{16} математических

операций, т. е. 10 тысяч триллионов! Здесь уже без современных ЭВМ никак не обойтись.

Рост информационных потоков в народном хозяйстве тесно связан с ростом номенклатуры производимой продукции. Сегодня это уже более 20 миллионов единиц. Но и она в свою очередь подразделяется на различные типы и модификации.

Столь огромные числа, характеризующие объемы учетно-плановой документации, отражают положение дел в масштабах всего народного хозяйства — на уровне Госплана страны и Центрального статистического управления (ЦСУ). Но столь же огромными оказываются информационные потоки и на уровне отдельных отраслей народного хозяйства и даже на уровне отдельных предприятий. Например, на среднем машиностроительном заводе в процессе подготовки, обеспечения и организации производства работники заводоуправления за год перерабатывают несколько десятков миллионов показателей, составляющих учетно-плановую документацию.

Арифметика здесь простая: если на некотором производственном участке есть 25 рабочих, а требуется выполнить 200 операций, то теоретически необходимо получить и хранить 5000 коэффициентов (25×200). Однако на практике это обычно считалось нереальным. По этой причине многие коэффициенты объединялись и укрупнялись, а некоторые просто не учитывались.

Современные требования к качеству планирования и управления в народном хозяйстве делают необходимым вести оперативный учет даже самой детализированной информации, несмотря на ее огромные масштабы и стремительный рост.

ВСЕ ЗНАТЬ! ВСЕ УЧИТЫВАТЬ!

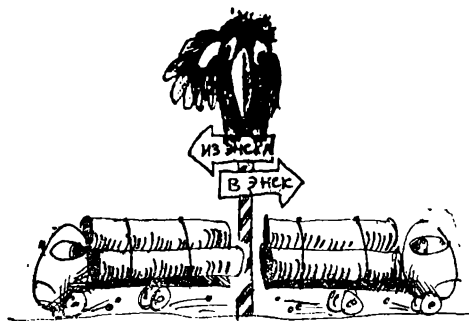
Социалистический способ производства, наша плановая экономика открывают огромные возможности повышения эффективности народного хозяйства, организации оптимального планирования и управления. Но для этого нужна информация — укрупненная и детализированная, требующая длительного хранения или используемая для оперативного принятия разового решения, циркулирующая от цеха

до министерства и от Госплана страны до самого отдаленного предприятия на крайнем Севере.

«Социализм — это учет»,— писал В. И. Ленин. Но как трудно бывает порой все знать и все учитывать не только в масштабах страны или отрасли народного хозяйства, но даже в масштабах города или одного завода.

Наверное, многие знают и не раз видели, какое огромное количество всевозможных грузов ввозится или вывозится автомобилями в среднем промышленном городе. Стройматериалы и промышленное оборудование, сырье для заводов и фабрик, продукты питания и товары широкого потребления.

Однако если наблюдать некоторое время за автомашинами с грузом, въезжающими в город и выезжающими из него, то можно заметить весьма странное явление. Вот грузовик с прицепом везет в город трубы определенного диаметра. Но ведь буквально



полчаса назад другой грузовик с прицепом вывозил из города точно такие же трубы. И наверное, в обоих случаях решения об отправке труб были приняты не случайно, а с учетом положения дел на том или ином предприятии или стройке на основе имевшейся информации. Но в данном случае этой информации оказалось недостаточно для оптимальных решений.

А разве не случается так, что на каком-то предприятии неожиданно возникает острая потребность в некоторых приборах. Представители этого завода обращаются с просьбой в одни инстанции, требуют в других инстанциях, но, к сожалению, безрезультатно. Таких приборов на складах нет. Удовлетворить

незапланированную потребность в ближайшее время не представляется возможным. Но в то же самое время руководители другого завода, может быть, даже в соседнем городе, не знают кому бы передать (сняв с баланса завода) именно такие приборы, потому что в связи с изменением технологии они заводу не нужны.

И снова причиной сложившейся данной производственной ситуации является отсутствие необходимой информации. Кто-то может возразить: «Но ведь не могут же в одном министерстве все подробно знать об излишках сырья и оборудования на предприятиях другого министерства». Да, это очень сложно — при традиционных формах учета с помощью бумажных документов. В нашей стране создан Государственный Комитет по материально-техническому снабжению (Госснаб СССР) и решено много соответствующих организационных вопросов. Но основным ключом к решению данной и многих других проблем в народном хозяйстве является совершенствование организационных структур в экономике, повышение эффективности планирования и управления на основе автоматизации документооборота. А главный инструмент для практического осуществления этого процесса — кибернетика.

Термин «кибернетика» происходит от древнегреческого слова kybernetike — рулевой. Уже сам смысл названия говорит о том, что это наука об управлении, или, более точно, наука об общих законах преобразования информации в управляющих системах.

Слова «управляющая» система у многих ассоциируются с чем-то очень сложным в области техники или биологии. Но существует немало простейших управляющих систем, в которых, несмотря на элементарность их конструкции, есть все те же необходимые компоненты, что и в гораздо более сложных. Это вводное устройство, воспринимающее информацию о состоянии объекта управления, устройство, преобразующее информацию, и выводное устройство, воздействующее на объект управления.

Одной из наиболее элементарных и даже поучительных (по причине удивительной простоты конструкции) технических управляющих систем является обычный поплавочный регулятор уровня воды, изо-

браженный на рис. 1. Во многих водяных и паровых механизмах такие регуляторы применяются для поддержания постоянного уровня жидкости.

Итак, объект управления — сосуд с жидкостью. Информация о его состоянии — сведения об уровне

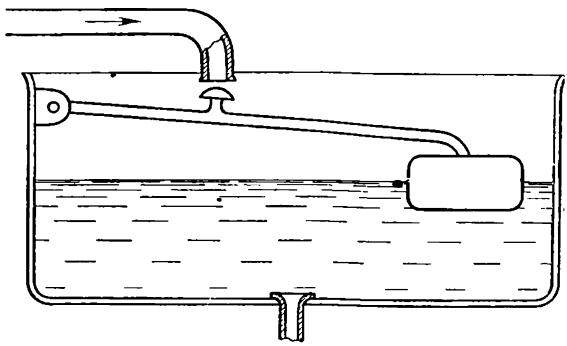


Рис. 1.

воды. Вводное устройство, воспринимающее информацию,— поплавок. Роль преобразователя информации в данном случае играет рычаг. И, наконец, выводным устройством служит пробка.

Описанная выше элементарная управляющая система, связанная с регулировкой уровня воды, конечно, не может идти ни в какое сравнение с системами для управления непрерывным металлургическим процессом на производстве или для управления быстропротекающими химическими процессами (например, в производстве соды или пластмасс), где выработка своевременных и правильных управляющих воздействий зависит от быстроты и точности переработки информации. А информации в таких процессах очень много. Это данные о количестве тех или иных компонентов в смеси, показания датчиков о температуре и величине давления, результаты оперативного анализа получаемого состава и многое другое. Обилие информации и необходимость быстрого принятия решения приводят к тому, что человеческий мозг уже не успевает за всем уследить (тем более в нужном темпе) в таком сложном непрерывном и скоротечном процессе. Но прогресс в области вычислительной техники позволяет успешно решать и подобные задачи.

Сегодня это делается с помощью специальных управляющих вычислительных машин (УВМ). Поступающая непосредственно с датчиков информация о ходе процесса перерабатывается в этой электронной машине и по заранее разработанным алгоритмам на основе полученной информации автоматически вырабатываются управляющие воздействия на всю систему или отдельные ее параметры.

В процессе своей разнообразной деятельности люди постепенно сталкиваются со многими управляющими системами, в том числе и весьма сложными. Управление экономикой, пожалуй, самая грандиозная и самая сложная из них. Здесь «чувствительным» элементом системы (вводным устройством) является многочисленная служба первичного учета, собирающая различные сведения о состоянии народного хозяйства. Этих сведений, т. е. вводной информации,— колоссальное количество. И только при наличии большого парка самых современных ЭВМ можно говорить о реальной переработке и использовании всей этой информации.

Еще раз напомним, что всевозможная информация, в том числе учетно-плановая и экономическая, поступает и хранится в ЭВМ в закодированном виде. Приемы и способы кодирования информации давно разрабатываются специалистами и постоянно совершенствуются. Для иллюстрации приведем один из простейших методов кодирования числами графической информации.

На рис. 2 изображен выпрыгивающий из воды дельфин. Совместим этот рисунок с мелкой квадратной сеткой (или наложим сверху на рисунок прозрачную миллиметровую бумагу). Одни клетки этой сетки оказались белыми, другие полностью темными, а третьи — частично белыми и темными. Белые клетки обозначим цифрой *0*, а темные — *1*. Со смешанными клетками поступим следующим образом: если больше половины площади клетки белая, то всю ее обозначим через *0*, если больше половины темная, — то цифрой *1*. Итак, во всех клетках сетки стоят цифры *0* или *1*. Теперь будем записывать их подряд, двигаясь сверху вниз и слева направо по рядам. Получим число

0000000000001110000000000000000011111111111100...

Это и есть готовая для ввода в ЭВМ закодированная информация о том, как на белом фоне выглядит наш прыгающий дельфин. Последовательные этапы этой процедуры изображены на рис. 3, 4, 5.

Вполне понятно, что чем мельче дробление рисунка на клетки, тем точнее числовой код будет отражать исходный рисунок.

Кстати, подобный способ кодирования изображений, хорошо известный в теории информации, позволяет, например, передать фотографию человека или некоторый рисунок в виде обычной текстовой или цифровой телеграммы.

Итак, ЭВМ могут получать, хранить и перерабатывать огромное количество информации в закодированном виде. В этом деле возможности машины не только значительно превосходят возможности человека, но и почти безграничны. Открытие возможности машинной записи информации по своей значимости является событием, равносильным изобретению письменности или книгопечатания.

Информационный взрыв (в том числе и в экономике) поставил на повестку дня проблему полной автоматизации переработки экономической информации на основе ЭВМ. А это в свою очередь связано с необходимостью все более и более увеличивать память машин, совершенствовать и ускорять процессы поиска нужной информации в запоминающем устройстве.

Мы уже говорили о том, что электронные вычислительные машины имеют два типа памяти: оперативную и внешнюю. Были приведены данные о емкостях оперативных запоминающих устройств наиболее распространенных ЭВМ второго и третьего поколений. Объемы памяти характеризовались количеством запоминаемых чисел, хотя для ЕС ЭВМ правильнее было бы говорить о количестве символов. Впрочем, в кибернетике существуют специальные единицы для измерения емкости запоминающих устройств — это «бит» и «байт» (цифра, буква или символ могут занимать целый байт, что равно 8 бит).

Оперативная память машины, позволяющая мгновенное получение необходимой информации, является очень дорогостоящей, и поэтому она ограничена. Обращение к внешней памяти требует более длитель-

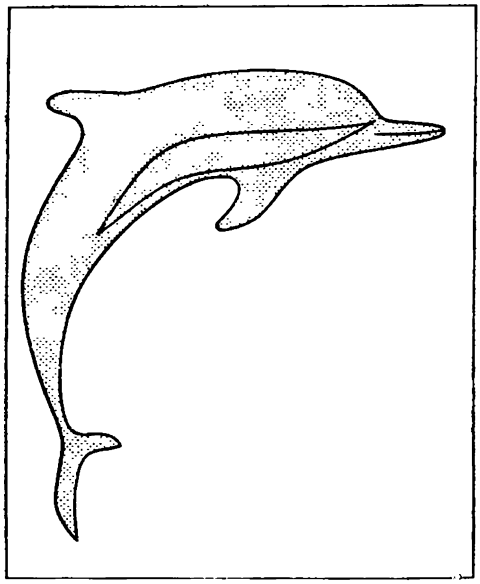


Рис. 2.

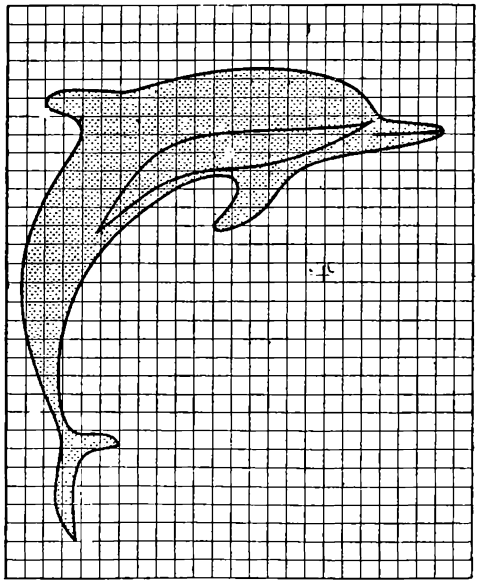


Рис. 3.

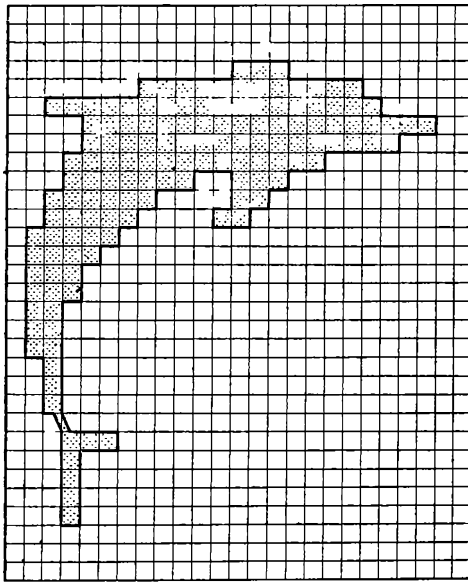


Рис. 4.

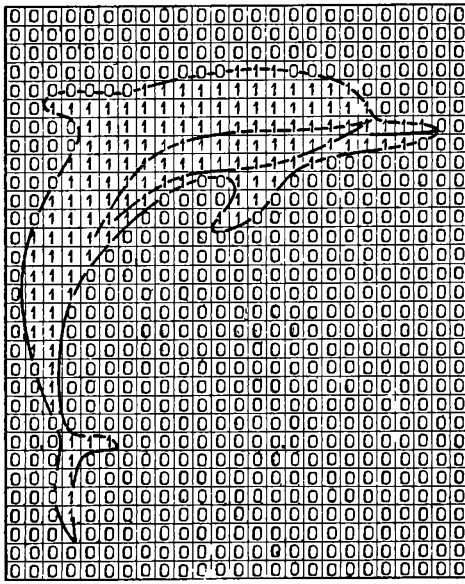


Рис. 5.

ного времени, но происходит реже. У современных ЭВМ объемы внешних запоминающих устройств можно увеличивать до колоссальных размеров. Это достигается включением в комплект машины дополнительных магнитных дисков или лентопротяжек (если информация хранится на магнитных лентах). Емкость магнитной ленты или магнитного диска достигает многих сотен миллионов бит, причем скорость считывания информации у магнитных дисков значительно выше. Имея в своем комплекте накопитель на 3-4 десятка магнитных дисков, современная ЭВМ может хранить во внешней памяти огромный объем сведений — более 10 миллиардов бит.

Однако даже такой громадной памяти может не хватить, если мы будем пытаться решать на ЭВМ некоторые многовариантные задачи (это в первую очередь касается задач экономического планирования) «слепым» перебором вариантов. Например, все знают, что специалистами уже созданы отличные машинные шахматные программы (т. е. ЭВМ играет на уровне шахматиста II и даже I разряда). Однако эти программы ни в коем случае не ориентировались на перебор всех возможных вариантов на шахматной доске, ведь их насчитывается порядка 10^{247}! Даже для самых быстродействующих ЭВМ перебрать такое количество вариантов невозможно.

Таким образом, электронные вычислительные машины стали могучим оружием в руках человека для борьбы с опасностью информационной катастрофы. С их помощью удается пробиваться через дебри экономической информации и находить правильные плановые или управленческие решения. И если раньше специалисты пытались находить такие решения путем обобщения информации, то в эпоху ЭВМ и АСУ, в эпоху автоматизации переработки информации, именно полная и точная информация стала ключевой в экономике.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ БАРЬЕРЫ

Для нашего дальнейшего разговора о роли информации в экономике и о методах ее переработки совершим небольшую экскурсию в далекое прошлое. Вспомним индивидуальные хозяйства наших предков. Те самые, в которых один человек од-

новременно был производителем и учетчиком, снабженцем и плановиком. Вспомним примитивное хозяйство первобытно-общинного строя. Структура такого хозяйства, вся система управления им вполне умещались в голове одного человека — старейшины племени. Вся необходимая информация хранилась и успешно перерабатывалась в одном-единственном мозгу.

Но человеческое общество развивалось. И вместе с ним развивались и расширялись разнообразные хозяйства. Постепенно наступило время, когда возможностей одного человеческого мозга уже не хватало для хранения и переработки всей необходимой информации, для управления усложнившимся хозяйством. Наступил первый кризис управления, или, как мы сегодня говорим, «первый информационный барьер».

Этот кризис был успешно преодолен благодаря усовершенствованию экономики и организации управления. В области экономики произошел переход к товарно-денежным отношениям, а в области организации начала формироваться определенная структура управления. Появился примитивный управленческий аппарат, начали вырабатываться экономические механизмы воздействия на производство. А главное, практика показала, что то, чего не мог охватить и решить один мозг, удалось осмыслить и переработать благодаря коллективным усилиям множества мозгов тех людей, которые составляли этот новый аппарат — орган управления производством.

Проходили годы, десятилетия, столетия. Производство расширялось и усложнялось. Но параллельно развивались экономические критерии и механизмы, совершенствовалась организация управления, в сферу которого стали все больше внедряться достижения научно-технического прогресса. Обновлялись и улучшались формы отчетности и методы планирования, появилась телефонная и радиосвязь, на смену обычным конторским счетам пришли арифмометры...

С трудом преодолевая быстро растущие сложности и проблемы, аппарат управления все же еще справлялся со своими задачами. Но в середине XX века сложность управления экономикой, объемы информационных потоков превысили даже самые максимальные возможности коллективного мозга.

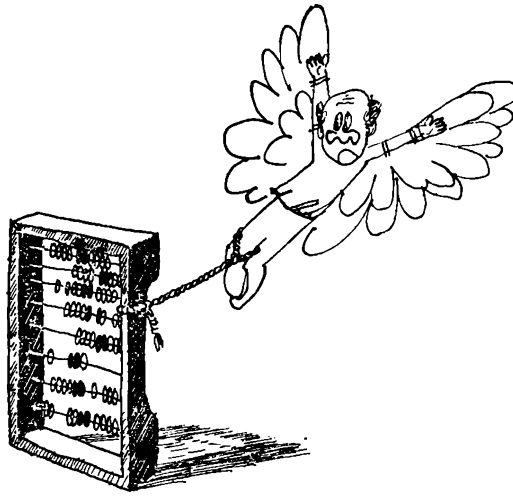
Подтвердим это элементарными расчетами. Известно, что в 30-е годы для успешного управления народным хозяйством страны требовалось производить порядка 10^{14} математических операций в год. А в 70-е годы — уже порядка 10^{16}.

Мы уже говорили о том, что человек не в состоянии выполнить миллион математических операций в год. Но даже, допустим, работая почти без сна и отдыха, с помощью арифмометра это сделать удастся. Тогда мы получим, что максимальная годовая «вычислительная производительность» одного человека составляет 10^6 математических операций. Значит, для выполнения всего объема экономических вычислений в 30-е годы требовалось $10^{14} : 10^6 = 10^8 = 100\,000\,000$ человек. И это соответствовало реальным возможностям. Конечно, собственно управленческий аппарат не состоял из 100 миллионов человек. Ведь необходимо помнить, что в выполнении множества самых простых производственных и обиходных расчетов (относящихся тем не менее к категории экономических) участвуют практически почти все, кто трудится в промышленности и сельском хозяйстве, работает в учреждениях, все, кто получает деньги, кто что-то покупает.

А теперь разделим 10^{16} на 10^6. Получим огромное число — 10^{10}. Итак, чтобы в 70-е годы выполнить весь объем вычислений, необходимых для управления нашей экономикой, работая без сна и отдыха, даже с помощью арифмометров, потребовалось бы 10 миллиардов человек!

Таким образом, сложность задач управления, их информационная насыщенность во второй половине XX века превысили суммарную производительность всех человеческих мозгов вместе взятых. Это мы и называем «вторым информационным барьером». Реальный путь к его преодолению — использование электронно-вычислительной техники. Объективная ситуация в современной экономике такова, что управлять ею «в уме», без использования специальной техники (и в первую очередь ЭВМ), просто невозможно.

Именно поэтому уже два десятилетия электронные вычислительные машины активно используются для переработки и хранения экономической информации, для выполнения большого объема вычислительных работ, связанных с решением задач управления.



По этой причине в начале 60-х годов начали создаваться автоматизированные системы управления предприятиями, а впоследствии — и отраслями народного хозяйства. На многих больших предприятиях, в крупных транспортных и статистических управлениях, при морских пароходствах уже успешно функционируют свои информационно-вычислительные центры. А практически в каждом министерстве есть свой Главный информационно-вычислительный центр (ГИВЦ). Сбор, переработка и хранение информации с помощью ЭВМ приобрели за последние годы большой размах и помогают успешно решать разнообразные задачи управления народным хозяйством. Но это только первые шаги повсеместной автоматизации переработки информации, только начальные этапы создания ОГАС.

Использование современных ЭВМ позволяет перерабатывать и хранить в машинной памяти даже самую подробную и детализированную информацию о работе различных звеньев производства, о запасах сырья на складах, о выполнении плановых и финансовых операций. Необходимо понимать, что обилие самой подробной информации далеко не всегда требуется для выработки правильных и эффективных управленческих решений. Здесь важно четко разо-

браться в вопросе: кому и что надо знать? Детализация информации иногда бывает столь же вредна, как и ее непозволительное укрупнение и обобщение. Поэтому в современном управлении экономикой большое значение имеет умение проводить на необходимом уровне и в нужных масштабах агрегацию информации (т. е. укрупнение ее с целью уменьшения количества рассматриваемых сведений).

Это легко подтвердить множеством примеров. Вспомним снова годы Великой Отечественной войны. Лето 1944 года. В Ставке Верховного Главнокомандующего собрались выдающиеся полководцы времен войны. Они обсуждают план грандиозной наступательной операции по освобождению Белоруссии. В ней будут принимать участие войска четырех фронтов, 6 тысяч самолетов, более 5 тысяч танков, около 1,4 миллиона человек. А теперь представим себе, что для этого важного совещания в Ставку передана самая подробная информация о состоянии дел на рассматриваемом участке фронта. Например, информация о том, сколько имеется патронов на каждую винтовку в каждом взводе, каждой роте, каждом батальоне и т. д. Командующие фронтами могли бы утонуть в таком обилии детализированной информации. Нужна ли она им в таком виде? Ведь на уровне совещания в Ставке его участники мыслят и оперируют другими категориями — агрегированной информацией. Речь идет о взаимодействии армий, о задачах дивизий, о длительности артиллерийской подготовки, в которой будут участвовать многие тысячи орудий. И если здесь нужна информация о количестве артиллерийских снарядов, то в обобщенном агрегированном виде.

А уже после выработки плана операции, получив конкретные задания, командиры дивизий мыслят категориями полков, батальонов и рот. Ну, а уже командиры рот считают количество патронов на каждую винтовку.

Теперь обратимся к нашей области экономики. Если в некоторой автоматизированной системе управления предприятием имеется информация о каждом станке и даже фиксируются его кратковременные остановки, то, вполне понятно, такая информация, министерству не нужна. Там требуется информация

об определенных группах станков и обобщенные данные о количестве простоев за неделю или за сутки. И одной из важнейших задач АСУ является умение из имеющейся подробной информации быстро сделать нужную агрегированную информацию и по каналам связи передать ее в главк или в министерство.

Метод агрегации информации часто применяется для решения задач на макроэкономическом уровне (т. е. для крупномасштабных задач). Для этого, например, специалисты прибегают к искусственному уменьшению номенклатуры продуктов, скажем, все типы телевизоров объединяют теоретически в один агрегированный продукт и т. д.

Однако целенаправленную агрегацию информации не следует путать с вынужденным обобщением и укрупнением ее, которое нередко делается из-за отсутствия очень нужной детализированной информации с мест.

А КАКОВЫ ПЕРСПЕКТИВЫ?

Машинные методы сбора, переработки и хранения информации постоянно совершенствуются. Многие ученые и специалисты активно работают над созданием новейших запоминающих устройств и технологий записи информации. И большую роль в этом научном направлении играет современная физика. Использование новых физических принципов и эффектов уже позволило достигнуть колоссальной плотности записи информации.

Приведем один пример. В 1976 г., как и многие другие предприятия и организации нашей страны, Институт кибернетики Академии наук УССР подготовил Рапорт о своих научных и производственных достижениях XXV съезду КПСС. Объем Рапорта составлял около 2 тысяч букв (т. е. одна страница машинописного текста). Весь этот текст был записан на миниатюрном кристалле размером $2 \times 2 = 4$ кв. миллиметра. Это удалось сделать, используя электронно-ионный луч толщиной 0,1 мкм.

Такой способ записи информации лег в основу новой «элионной технологии». В последующие годы ученым удалось достигнуть еще большей плотности записи информации. Уже в конце 70-х годов весь текст

или из окружающей среды. И результатами этой колоссальной по масштабам и удивительной по содержанию работы смогут быстро воспользоваться ученые и конструкторы, инженеры и экономисты, руководители предприятий и транспортники, работники здравоохранения и сферы обслуживания, люди различных профессий и направлений деятельности. Даже самая богатая фантазия, пожалуй, не может сегодня точно предсказать, насколько при этом интереснее и эффективнее станет труд людей, как изменится их быт,

30 томов Большой Советской Энциклопедии можно было уместить на одной стороне обычного спичечного коробка.

Другим важным направлением научных разработок являются попытки упростить процесс машинного восприятия информации. Сейчас ведутся эксперименты по наделению ЭВМ «органами» зрения, речи и слуха. Машины учат распознавать изображения и речь в их естественном, а не закодированном виде.

Так, например, в настоящее время ЭВМ способны распознать около 1000 слов, произносимых диктором. Учеными созданы специальные машинные программы, синтезирующие человеческую речь по основным правилам фонетики. Иными словами, уже сегодня мы имеем возможность «поговорить» с ЭВМ.

Созданы и успешно используются на практике читающие автоматы, способные воспринимать и перерабатывать информацию, представленную в виде обычного печатного текста хорошего качества.

Большой прогресс достигнут в деле машинной обработки изображений. Например, быстро анализируя фотоснимки, переданные с искусственных спутников Земли, электронно-вычислительные машины помогают исследовать природные ресурсы, прогнозировать метеорологические условия, урожайность сельскохозяйственных культур.

Однако до всестороннего решения проблемы распознавания сбразов с помощью ЭВМ пока далеко. Здесь на пути ученых возникло множество сложней-

ших задач и даже загадок, найти ответы на которые еще предстоит специалистам различных научных направлений.

Представим себе такую ситуацию. По аллее парка, толкая впереди себя игрушечную машину, движется трехлетний малыш. Он увлечен игрой и не обращает внимание на окружающих. Но вот, глаза его случайно заметили кого-то среди нескольких десятков гуляющих по парку людей.

— Тетя Таня идет,— радостно воскликнул малыш и побежал навстречу.

Трехлетний ребенок, который еще не умеет читать и писать, даже не знает, что Земля — круглая, каким-то образом «распознал» тетю Таню среди десятков других людей. Его мозг мгновенно переработал необходимую информацию. Какие сложнейшие процессы осуществлялись в нем! Ученые еще не могут полностью описать эти явления. Здесь предстоит еще многое осмыслить, проверить, доказать.

Но уже сегодня или в самом ближайшем будущем могучие информационные возможности ЭВМ сулят нам много новых интересных применений. Например, открываются теоретические возможности осуществить автоматизацию производственных совещаний. Иными словами, в процессе совещания его участники могут мгновенно получить нужную им информацию по обсуждаемому вопросу в агрегированном или детализированном виде. При соответствующем запросе ЭВМ быстро рассчитает тот или иной вариант решения производственной задачи. Электронный советник тут же по ходу совещания поможет оценить эффективность и реальность осуществления идей, выдвинутых участниками совещания.

Налаживание каналов связи между различными вычислительными центрами и автоматизированными системами управления позволит при необходимости буквально за считанные минуты собрать всю информацию о рассматриваемом оборудовании, изделии или виде сырья в масштабах всей страны.

Стремительное развитие научно-технического прогресса вселяет уверенность в том, что в недалеком будущем уровень возможностей у ЭВМ будет таков, что машины смогут черпать, анализировать и перерабатывать информацию непосредственно из книг

ГЛАВА III

ТЯЖЕЛАЯ НОША

«ЕСЛИ БЫ Я БЫЛ МИНИСТРОМ...»

Всем понятно, что экономика является такой сферой человеческой деятельности, которая близка подавляющему большинству населения нашей страны. Советских людей глубоко волнуют проблемы экономического развития нашего народного хозяйства. Многие трудящиеся в своей повседневной работе стремятся сделать как можно больше и лучше, чтобы повысить экономическое могущество нашей Родины и еще более поднять благосостояние народа. Деловая инициатива, стремление к новому, более прогрессивному, активное участие в борьбе с производственными недостатками,— все это типичные черты нашего современника.

За годы Советской власти многие передовые рабочие, инженеры, руководители предприятий выступали с новой полезной инициативой, связанной с повышением производительности труда, улучшением его организации, повышением качества выпускаемой продукции. Основанная на накопленном опыте работы, тщательно проанализированная специалистами такая инициатива не раз получала всенародную поддержку и широко внедрялась в промышленность.

Но, к сожалению, среди некоторой части людей, особенно среди молодежи, бытует этакий упрощенный, поверхностный взгляд на проблемы экономики. Такие «специалисты» готовы дать множество рецептов улучшения планирования, ликвидации простоев рабочих и техники на производстве, устранения дефицита некоторых товаров и т. д. Не обладая даже элементарными экономическими знаниями, не представляя себе ни размаха нашего народного хозяйства, ни сложности его структуры, подобные любите-

ли давать советы часто заявляют: «Вот если бы я был министром, то я бы быстро навел полный порядок и устранил все недостатки».

Ну, что ж, попытаемся на нескольких примерах проанализировать, так ли все это просто, как кажется на первый взгляд.

Молодой строительный рабочий сетует на вынужденный простой: «Вчера не было цемента, а сегодня блоки вовремя не подвезли. Вот если бы я был министром, то не разрешил бы начинать ни одно строительство, пока все необходимые строительные материалы не будут заранее подвезены на площадку».

Представим себе, как бы выглядела в таком случае площадка для строительства большого 16-этажного дома. Сотни блоков, оконных рам, лестничных пролетов лежали бы здесь в течение нескольких месяцев, ожидая своей очереди. Мертвым грузом лежали бы те строительные материалы, которых уже сегодня где-то очень не хватает. Чтобы не занимать

огромную площадь, они были бы сложены, естественно, по простому принципу — одно на другое. И можно представить себе, сколько лишних перегрузочных операций пришлось бы совершать каждый раз, чтобы достать нужный блок или арматуру, которые случайно оказались внизу, под другими заготовками для этой стройки.

Нужен совсем иной путь к решению возникшей проблемы. Этот путь — достижение высокой синхро-

низации строительных работ и поставок сырья. А этого в приказном порядке не добьешься. Требуются точные расчеты, наличие подробной информации о нуждах строек и возможностях заводов, правильное составление графика работы грузового транспорта и т. д.

Кстати, говоря о поставках сырья, следует помнить, что у одного современного предприятия бывает по 400 и даже 500 заводов-поставщиков. И все поставки с каждого из них должны быть точно рассчитаны по времени, по количеству и по номенклатуре. Четкая организация производственных связей — один из важнейших элементов управления народным хозяйством. А эти связи — как раз то, что трудно увидеть с мест многим рабочим, инженерам и работникам управленческого аппарата нижнего звена, т. е., на предприятиях.

Зная все это, попытаемся оценить позицию тех, кто часто сетует на ограниченное количество запасных частей и различного оборудования на складах: «Будь я министром, то немедленно распорядился бы о расширении производственных запасов».

Такое предложение сулит лишь мнимую выгоду. А на самом деле оно может привести к огромным убыткам и потерям в масштабах всего народного хозяйства. В подобных запасах, длительное время хранящихся на складах, омертвляются материальные средства и человеческий труд. Да и само хранение требует больших затрат.

Не следует забывать и о быстрых темпах научно-технического прогресса. Делать техническую новинку в больших количествах и накапливать ее на складах сегодня уже рискованно. Через несколько лет данное техническое изделие может устареть и потребность в нем исчезнет. Это наглядно подтверждается резко упавшим спросом на старые модели телевизоров и холодильников, арифмометров и различных измерительных приборов.

Немало работников промышленных предприятий, прочитав статью в журнале или увидев телепередачу о каком-то передовом советском предприятии, таком, например, как Волжский автозавод в г. Тольятти или Львовское производственное объединение «Электрон», искренне вздыхают: «Почему и на нашем заводе

нельзя наладить такую организацию труда? Вот если бы я был директором...».

Что ж, желание советских людей повысить организованность на своих предприятиях до уровня передовых заслуживает всяческой поддержки. Но в данном случае, как и в предыдущих примерах, для того чтобы более реально оценить ситуацию, нужны хотя бы элементарные познания из области экономики и организации производства.

Как известно, существуют три основных вида производств: массовое, серийное и индивидуальное. Например, телевизионный или часовой завод — яркие примеры массового производства. Здесь четко налаженный ритм работы конвейера, узкоспециализированные рабочие места, позволяющие добиться высокой производительности труда, наконец, строго рассчитанная на много времени вперед потребность в материалах.

Сложнее обстоит дело на предприятиях с серийным производством. Продукция здесь выпускается партиями. Через определенное время начинается выпуск уже другого изделия — а это означает новую технологию, новую специализацию рабочих мест, других поставщиков сырья и т. д.

И уж совсем по-иному работают так называемые индивидуальные производства. Это, например, опытные заводы, изготовляющие один или несколько образцов нового уникального механизма или оборудования.

Различные виды производств, естественно, требуют различного подхода к вопросам планирования и организации работы. И разобраться во всем этом неспециалисту не так-то просто.

И, наверное, неудовлетворенному потребителю, рассуждающему о том, что бы он сделал будучи, скажем, министром черной металлургии, даже трудно себе представить, что только один прокат черных металлов (с учетом различных марок стали, форм и размеров) насчитывает сегодня около двух миллионов модификаций.

Навряд ли в какой-нибудь сфере человеческой деятельности можно найти такое же обилие сложных задач и проблем, как в экономике, в области планирования и управления народным хозяйством. Реше-

ние этих задач требует от специалистов глубоких экономических и математических знаний, умения использовать ЭВМ, и, конечно же, умения хорошо разбираться в конкретном производстве. Вот почему наивными и непрактичными часто оказываются скоропалительные советы тех, кто, не будучи специалистом, с одинаковой легкостью дает советы и футбольным тренерам, и кинорежиссерам, и руководителям предприятий и даже целых отраслей производства.

ОТКУДА ВОЗНИКАЮТ ПРОБЛЕМЫ?

Представить себе отличие современного предприятия от завода 50-летней давности совсем нетрудно. Но из всей суммы различий остановимся лишь на одном, касающемся работы управленческого аппарата.

Здесь, прежде всего, резко возросло количество производственных связей как внутри завода, так и вне его. Если раньше количество поставщиков исчислялось единицами и материально-техническое снабжение не представляло особых сложностей, то теперь поставщиков уже сотни и вопросы материально-технического снабжения превратились в сложнейшую задачу.

Выросла номенклатура изделий, их сложность и это в десятки раз увеличило количество учетно-плановых показателей и информационных объектов.

Раньше на протяжении длительного времени практически не изменялись ни номенклатура изделий, ни технология. Теперь же, буквально каждые несколько лет, управленческому персоналу приходится выполнять большой объем подготовительных и организационных мероприятий в связи с частым обновлением выпускаемой продукции и технологии ее изготовления.

Одним словом, причины, объясняющие быстрый рост объема и сложности работы управленческого персонала на производстве, достаточно понятны. Но при этом любопытно отметить такой факт. Все эти годы производство постоянно развивалось и совершенствовалось. В цехах появились новые станки, более мощные и более сложные механизмы, резко вырос уровень автоматизации производства, систематически

обновлялись технологии, значительно повысились энерговооруженность и производительность труда рабочего. А вот в области технической вооруженности аппарата управления до конца 50-х годов практически никаких изменений не произошло. Те же конторские счеты и пухлые папки с документами. В лучшем случае — арифмометры. Более современными стали, разве что, телефонные аппараты на конторских столах.

Таким образом, в середине XX века стало очевидным резкое отличие уровня автоматизации самого производства от уровня автоматизации управления этим производством, причем количество задач управления и их сложность росли все быстрее и быстрее. И только широкое внедрение, начиная с 60-х годов, электронно-вычислительной техники и экономико-математических методов в планирование и управление, создание автоматизированных систем позволило успешно решить многие экономические проблемы, открыло широкие перспективы в этом направлении.

Остановимся подробнее на причинах возникновения новых задач и проблем в сфере управления народным хозяйством и проиллюстрируем это некоторыми примерами.

Одна из главных причин (как уже отмечалось в предыдущей главе) — быстрый рост информационных потоков. В эпоху научно-технической революции прежде всего возрастает число количественных показателей экономики. За счет чего это происходит? Проанализируем, например, рост номенклатуры изделий, продуктов, которые выпускаются нашей промышленностью. Специалисты делали подсчеты. На 1 января 1976 г. у нас в стране было около 20 миллионов специализированных наименований продуктов. Причем в это количество вошли лишь те, которые либо являлись готовыми изделиями производства и поступали в продажу, либо служили предметом обмена между отдельными предприятиями. Множество промежуточных деталей, изготовляемых на разных стадиях производства, сюда не включалось. А за 20 лет до этого, т. е. в 1955 г., общее число наименований изделий было меньше миллиона. Значит, данный экономический показатель вырос в 20 раз. Что это значит? То, что нагрузка на все плановые

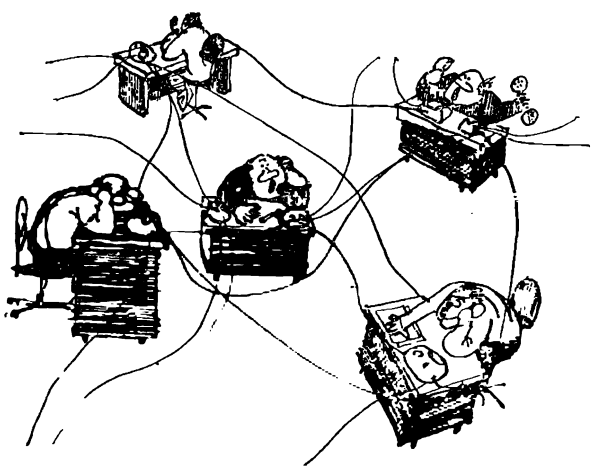
органы тоже увеличилась в 20 раз? Нет, не в 20, а во много больше раз. Дело в том, что кроме роста номенклатуры изделий, за эти годы значительно выросла и их сложность.

Рассмотрим, например, выполнение одной позиции в сводной номенклатуре — выпуск промышленностью пассажирского самолета ИЛ. Но раньше это был ИЛ-12, теперь — реактивный гигант ИЛ-62 или даже аэробус ИЛ-86. Вроде бы одна и та же позиция в сводных экономических документах, но разве можно сравнить объемы и сложности задач управления созданием самолета ИЛ-12 и ИЛ-62?

Теперь обратимся к другой причине возникновения новых проблем в экономике — росту и усложнению производственных связей.

Предположим, шесть сотрудников управленческого аппарата занимаются различными, но тесно взаимосвязанными организационными вопросами. Следовательно, все они должны координировать свою работу друг с другом. Так возникают внутренние производственные связи в сфере управления. Сколько их оказывается в данном случае? Здесь надо мысленно представить себе ниточки, связывающие каждого работника с пятью остальными, итого, пятнадцать ниточек, т. е. связей.

Теперь допустим, что административный аппарат (в связи с резко возросшим объемом управленческой



работы) увеличился в 2 раза. Но тогда между 12 сотрудниками уже может возникнуть $\frac{12 \cdot 11}{2} = 66$ производственных связей.

В общем случае в алгебраической записи закономерность здесь такая:

при n участниках управления производственных связей между ними будет $\frac{n(n-1)}{2}$; при $2n$ участниках $\frac{2n(2n-1)}{2} = 2n^2 - n$; при kn участниках $\frac{kn(kn-1)}{2}$.

Легко проверить, что

$$\frac{kn(kn-1)}{2} > k^2 \frac{n(n-1)}{2} \quad (\text{при } n > 1,\ k > 1).$$

Иными словами, увеличение в k раз числа людей, занимающихся решением организационных и управленческих задач, теоретически более чем в k^2 раз увеличивает количество возникающих между ними экономических и производственных связей.

Здесь речь шла лишь о внутренних производственных связях. Но так же быстро растут и внешние связи предприятий. Недаром многие специалисты считают, что главной задачей руководителей производства сегодня сделалось налаживание этих связей и организация их эффективного функционирования.

Еще одна существенная причина возникновения новых проблем в экономике — значительное повышение требований к точности решения многих современных задач планирования и управления. Совсем недавно специалисты стремились находить хорошие решения задач. Теперь же уровень развития экономики, сама жизнь требуют находить не просто хорошие, а наилучшие (т. е. оптимальные) плановые и управленческие решения или по крайней мере очень близкие к ним. Даже незначительные отклонения от оптимума сегодня приводят к различным сбоям на производстве, к существенным материальным потерям.

Математики, кибернетики и экономисты в тесном содружестве за последние годы много сделали для нахождения эффективных методов решения разнообразных задач планирования и управления, для развития методов исследования операций и теории оптимальных решений. Об этом пойдет речь в следую-

щей главе, а сейчас остановимся на одной, но, пожалуй, самой главной причине сложности многих задач современной экономики — их многовариантности.

Проиллюстрируем это на примере выбора наилучшего варианта для строительства новой железной дороги по заданному маршруту. Рассмотрим лишь участок будущей трассы — от некоторой точки A до точки B (рис. 6).

Рис. 6.

В чем же заключается задача и почему она носит экономический характер? Как известно, рельеф местности, как правило, имеет много изгибов, неровностей и обычно изображается некоторой замысловатой кривой (на вертикальном разрезе местности). Проложить железную дорогу в точном соответствии с рельефом, как правило, нельзя. Частые подъемы и спуски не только создадут неприятные ощущения при езде, но и приведут к существенным убыткам при будущей эксплуатации дороги (например, это вызовет необходимость ограничивать массу грузовых составов и скорость их движения). Поэтому необходимо выбрать более плавную кривую для будущей железной дороги. Еще раз подчеркнем, что речь идет не об изменении маршрута, а о корректировке его в вертикальной плоскости.

Нетрудно понять, что выравнивание кривой при проектировании впоследствии обернется некоторым усложнением и удорожанием строительных работ. Поэтому нецелесообразно добиваться идеальной ровности дороги, т. е. стремиться к прямой линии из точки A в точку B. В том-то и заключается экономический характер данной задачи, чтобы, с учетом стоимости строительства и удобств эксплуатации будущей железной дороги, выбрать наилучший вариант ее вертикального профиля.

В подобных ситуациях специалисты делят отрезок AB, допустим на 5 частей и, проведя через точки

деления четыре вертикальные линии, выбирают на каждой из них наилучшую точку для проекта будущей дороги. Каждая из четырех определяемых точек может иметь, например, 50 различных положений по высоте (рис. 7). Теперь нетрудно подсчитать, что

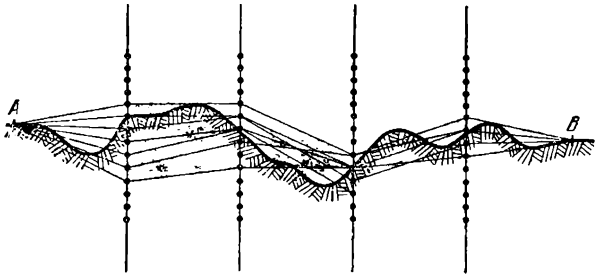


Рис. 7.

только на рассматриваемом участке у нас будет $50^4 = 6\,250\,000$ различных вариантов выравнивания рельефа. Если же число точек для корректировки вертикального профиля дороги увеличить до 100, то вариантов будет 50^{100}! Непосредственный перебор всех этих вариантов в разумные для проектирования сроки немыслим даже на самых быстродействующих ЭВМ.

Укажем и еще один источник возникновения сложных проблем в современной экономике. Как известно, любой производственный процесс (будь это производство тракторов или изготовление хлеба, выпуск тканей или строительство дома) должен быть обеспечен необходимыми ресурсами. Некоторые понимают под этим лишь обеспечение сырьем, материалами, комплектующими изделиями и т. д. Однако на самом деле понятие «ресурсы» имеет более широкий смысл. Сюда относятся основные и оборотные фонды, а также трудовые ресурсы. Все вышеперечисленные элементы, обеспечивающие производственный процесс, относятся к оборотным фондам. Название достаточно точно отражает смысл — сырье, полуфабрикаты, заготовки и т. д. систематически расходуются по ходу производственного процесса и пополняются за счет организации материально-технического снабжения.

Очень важным, но менее заметным для неопытного взгляда понятием являются основные фонды. К их числу относятся сооружения и оборудование, необходимые для нормального течения производственного процесса (здания цехов, станки, подъемные краны, диспетчерские пульты и т. д.). При длительном износе или выходе из строя по причине серьезной поломки (когда ремонт невозможен или уже невыгоден) специалисты говорят, что основные фонды физически устарели.

Однако в эпоху научно-технической революции на производстве все чаще и чаще возникает ситуация, когда говорят о моральном старении основных фондов. Это значит, что отдельные виды оборудования или даже весь производственный процесс значительно отстал от уровня научно-технического прогресса в данном виде производства. Требуется полная замена оборудования, правил его эксплуатации, т. е. коренное изменение технологии выпуска продукции. Каждый раз, когда на производстве возникает подобная ситуация, работники управленческого аппарата сталкиваются с большими трудностями и вынуждены оперативно решать сложные задачи.

Итак, мы обсудили некоторые наиболее существенные причины быстрого роста сложности задач управления экономикой в эпоху научно-технической революции. Это — резкое увеличение номенклатуры (ассортимента) выпускаемых изделий, рост их сложности, частая сменяемость производимых продуктов и обновление технологий, стремительный рост объемов информации и количества производственных связей, необходимость решения сложных многовариантных оптимизационных задач и т. д. Действительно, проблема эффективного управления экономикой в наше время тяжелой ношей легла на плечи ученых и конструкторов, инженеров и мастеров, экономистов и руководителей производства.

ЭФФЕКТ СИНХРОНИЗАЦИИ И СЕТЕВЫЕ ГРАФИКИ

Одной из наиболее острых проблем современной экономики является десинхронизация, т. е. несогласованность во времени изготовления и

деления четыре вертикальные линии, выбирают на каждой из них наилучшую точку для проекта будущей дороги. Каждая из четырех определяемых точек может иметь, например, 50 различных положений по высоте (рис. 7). Теперь нетрудно подсчитать, что

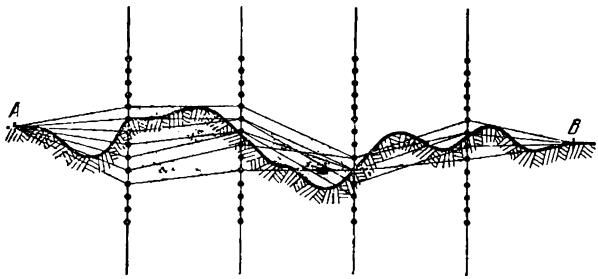


Рис. 7.

только на рассматриваемом участке у нас будет $50^4 = 6\,250\,000$ различных вариантов выравнивания рельефа. Если же число точек для корректировки вертикального профиля дороги увеличить до 100, то вариантов будет 50^{100}! Непосредственный перебор всех этих вариантов в разумные для проектирования сроки немыслим даже на самых быстродействующих ЭВМ.

Укажем и еще один источник возникновения сложных проблем в современной экономике. Как известно, любой производственный процесс (будь это производство тракторов или изготовление хлеба, выпуск тканей или строительство дома) должен быть обеспечен необходимыми ресурсами. Некоторые понимают под этим лишь обеспечение сырьем, материалами, комплектующими изделиями и т. д. Однако на самом деле понятие «ресурсы» имеет более широкий смысл. Сюда относятся основные и оборотные фонды, а также трудовые ресурсы. Все вышеперечисленные элементы, обеспечивающие производственный процесс, относятся к оборотным фондам. Название достаточно точно отражает смысл — сырье, полуфабрикаты, заготовки и т. д. систематически расходуются по ходу производственного процесса и пополняются за счет организации материально-технического снабжения.

вием в нужное время из-за неточного планирования, что привело к задержке в строительстве, и объект *А* был сдан с опозданием. Если же это было строительство нового металлургического завода, которому к определенному сроку уже был запланирован выпуск продукции, то, естественно, металл вовремя не появился. Так мнимый дефицит металла превратился в фактический.

Причина описанной выше ситуации вполне очевидна — слишком большая длительность (целый квартал) периода, на который планируются поставки для такого важного и динамичного процесса, как строительство нового завода, чью продукцию уже ждут к определенному сроку.

Другая причина нарушения синхронизации состоит в том, что очень часто поставки сырья и оборудования предприятиям одного министерства или ведомства осуществляют предприятия другого подчинения. В первом министерстве или ведомстве план может быть составлен достаточно хорошо и строго выполняется. Аналогичная картина может быть и в другом министерстве или ведомстве. Но согласовать планы обоих министерств не удалось.

Все это может привести к такой ситуации. Некоторый важный и срочный груз морским транспортом быстро доставлен в город N. Там он оперативно доставлен на железнодорожную станцию. Служба морских грузовых перевозок успешно выполнила свои обязанности. Но на железной дороге свой план перевозок. Очередь данного груза подошла лишь через неделю. Но, попав в сферу железнодорожного обслуживания, этот груз был аккуратно и быстро доставлен в город Т и сдан автотранспортной службе. Однако и здесь был свой график перевозок, в который наш злополучный груз «вписался» лишь через 5 дней. Но скорость и качество обслуживания грузовым автотранспортом были выше всяких похвал. Итак, и моряки, и железнодорожники, и автотранспортники работали отлично. Лишь межведомственные неувязки привели к тому, что срочный груз задержался на 12 суток.

Как же преодолеть указанные недостатки? Как устранить десинхронизацию? Рецепты здесь просты и понятны, но их практическое применение — дело

сложное и длительное. Это — использование современных математических методов точного расчета по срокам и прогнозирования сложных производственных процессов (теория графов, сетевое планирование, теория расписаний, программно-целевое планирование и т. д.). Это — своевременный автоматизированный сбор и переработка самой обширной информации о состоянии дел на отдельных предприятиях и объектах, в отраслях и во всем народном хозяйстве в целом (т. е. практическая реализация основной функции ОГАС). Это — налаживание вертикальных и горизонтальных связей в экономике (об этом пойдет речь в гл. VI). И наконец, это увязка в единое целое разнообразных задач синхронизации производства, успешно решаемых в рамках АСУ отдельных предприятий и отраслей.

В практике нашего народного хозяйства уже есть немало примеров, когда синхронизация производства рассчитывается и осуществляется с точностью не только до дней, но даже до часов и минут. Такая четкость и эффективность работы должны стать нормой в нашей плановой и целенаправленной экономике.

Существенная роль в решении многочисленных задач синхронизации производства принадлежит математическим методам и ЭВМ. Познакомимся, например, с идеей построения сетевых графиков — одного из эффективных способов согласования во времени отдельных работ, на которые разбивается выполнение какого-то сложного задания.

Специалисты пользуются несколькими типами сетевых графиков (в зависимости от того, как их строят и что подразумевают под вершинами и стрелками). Мы в данном случае поступим следующим образом. Все задание разобьем на отдельные работы. Каждой вершине сетевого графика мы поставим в соответствие выполнение некоторой из этих работ. С помощью стрелок укажем взаимосвязь работ и очередность их выполнения. Но предварительно остановимся на некоторых обозначениях, которыми пользуются в сетевых графиках (рис. 8).

Из графика, изображенного на рис. 8, *а*, следует, что работа *2* может выполняться лишь после выполнения работы *1*. Например:

1. Погрузка сырья на автомашины.

2. Доставка этого сырья на завод.

Работа, соответствующая вершине с цифрой *4* на рис. 8, *б*, может производиться только после выполнения всех работ, *1*, *2*, *3*, которые в свою очередь

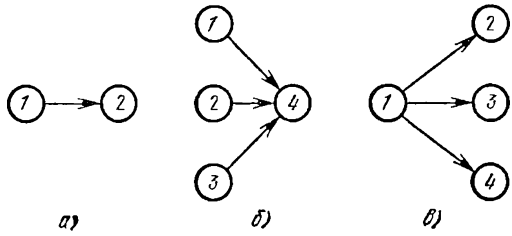


Рис. 8.

могут выполняться независимо друг от друга (и поэтому на графике они не соединены стрелками). Например:

1. Прибытие на строительный объект бригады каменщиков.

2. Доставка на объект кирпича.

3. Изготовление цементного раствора.

4. Выполнение работ по возведению кирпичной стены.

Нетрудно догадаться, что на рис. 8, *в* графически изображена противоположная ситуация. Теперь работы *2*, *3*, *4* могут производиться лишь после выполнения работы *1*.

Обычно каждой вершине подобного сетевого графика ставится в соответствие количественная оценка времени, необходимого для выполнения отдельной работы. Такой подход (в сочетании с установлением взаимосвязей между отдельными работами) позволяет объективно определить время, необходимое для выполнения всего задания.

Рассмотрим конкретный сетевой график подготовки встречи выпускников, окончивших некоторую школу двадцать лет назад (по-видимому, в подобной ситуации отдельные работы, их взаимосвязь и время выполнения будут хорошо понятны большинству читателей). Все задание по подготовке такой встречи мы разобьем на 25 отдельных работ:

1. Созыв совещания инициативной группы, распределение обязанностей по подготовке встречи.

2. Составление списка бывших соучеников.

3 Составление списка бывших преподавателей.

4. Образование группы по подготовке программы вечера встречи.

5. Образование группы для решения организационных вопросов.

6. Поиск адресов и телефонов бывших соучеников.

7. Поиск адресов и телефонов бывших преподавателей.

8. Составление шуточной анкеты — Какими мы были и какими стали.

9. Обсуждение плана фотомонтажа.

10. Предварительные наметки программы вечера.

11. Рассылка бывшим соученикам и преподавателям шуточной анкеты и просьбы о срочном поиске и представлении интересных фотографий.

12. Обсуждение с каждым из бывших соучеников (с помощью писем, телеграмм, телефонной связи) возможности участия во встрече.

13. Персональное приглашение на встречу бывших преподавателей.

14. Определение времени и места встречи.

15. Составление окончательного списка участников.

16. Обсуждение с будущими участниками встречи их пожеланий по программе вечера.

17. Организационный сбор будущих участников встречи — жителей данного города.

18. Сбор анкет и фотографий (при личной встрече и по почте).

19. Подготовка фотомонтажа и обзора анкетной информации.

20. Окончательное составление программы вечера.

21. Репетиция программы.

22. Оформление места будущей встречи.

23. Бронирование мест в гостиницах для приезжих участников.

24. Встреча иногородних участников и их размещение.

25. Проведение вечера встречи выпускников.

Возможно, кому-то одна или несколько из перечисленных отдельных работ покажутся лишними. А кто-то найдет, что здесь не учтены еще некоторые этапы подготовительной работы. Но не это главное. Наша цель — проиллюстрировать на данном примере метод сетевого планирования.

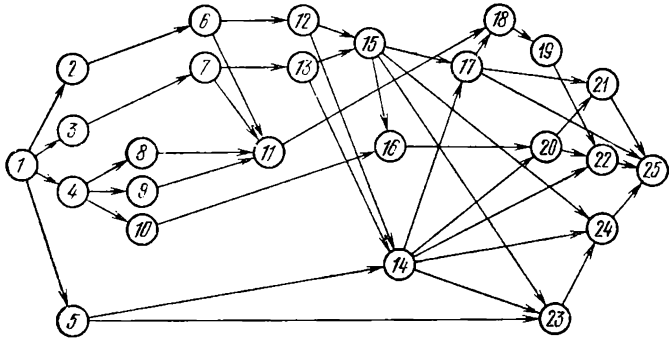


Рис. 9.

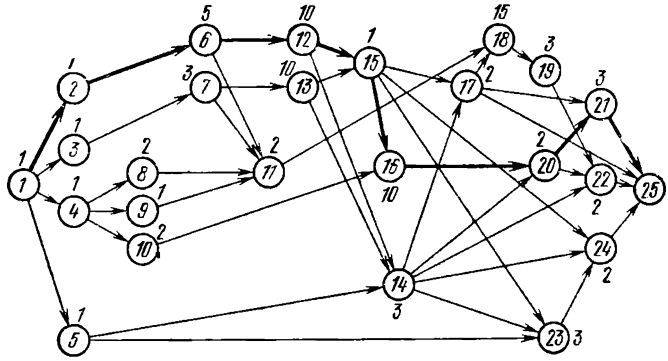


Рис. 10.

Сетевой график подготовки встречи выпускников приведен на рис. 9.

Теперь каждую отдельную работу оценим по времени, необходимому для ее выполнения (в днях). Так, например, на составление оригинальной шуточной анкеты инициативной группе вполне хватит двух дней, а вот на сбор этих анкет в заполненном бывшими соучениками виде и на сбор оригинальных

фотографий потребуется, по-видимому более двух недель (мы округляем этот срок до 15 дней) и т. д.

Длительность (в днях) каждой из отдельных работ указана рядом с соответствующей вершиной (рис. 10).

Важным моментом в исследовании получаемых сетевых графиков является прослеживание различных маршрутов из начальной вершины в конечную и определение критического пути. Рассмотрим, например, маршрут (по номерам вершин):

1—2—6—11—18—19—22—25.

Здесь сумма продолжительностей отдельных работ равна

$$1 + 1 + 5 + 2 + 15 + 3 + 2 = 29 \text{ дней.}$$

Критическим называется такой путь, у которого сумма продолжительностей отдельных работ (лежащих на этом пути) будет максимальной для данного сетевого графика. На рис. 10 он отмечен жирной линией.

В нашем случае критический путь: *1—2—6—12—15—16—20—21—25.* По времени выполнения работ это составляет 33 дня. Таким образом, от момента принятия решения о проведении встречи выпускников до дня проведения этой встречи должно пройти не менее 33 дней.

На рассмотренном примере мы смогли наглядно убедиться в том, что грамотное составление и строгое соблюдение сетевых графиков при выполнении сложных работ со многими участниками, помогает повысить организованность и синхронизацию множества отдельных работ.

Говоря об улучшении синхронизации производства, остановимся еще на одном важном свойстве сетевых графиков. Обратимся снова к рис. 10. Выберем некоторую вершину (работу), не лежащую на критическом пути. Например, *14* — определение времени и места встречи.

Рассматривая все возможные пути на графике, проходящие через эту вершину, определим путь с наибольшим временем выполнения отдельных работ. Это: *1—2—6—12—14—20—21—25.* Его продолжительность 25 дней. Значит, у вершины *14* есть резерв

времени, равный 33 — 25 = 8 дням. Иными словами, если все остальные работы будут выполняться в соответствии с выделенным для них временем, то в таком ответственном деле, как окончательное определение времени и места встречи выпускников, у членов оргкомитета есть возможность поразмыслить не 3 дня, а целых 11 дней. И при этом они не нарушат общие сроки подготовки вечера встречи. Такая задержка не приведет к десинхронизации.

К ЧЕМУ И КАК СТРЕМИТЬСЯ?

Сложность и многообразие задач современной экономики все больше и больше усложняют процесс нахождения правильных ответов на такие, казалось бы, элементарные вопросы, как что производить? кому и в каких количествах? для каких целей? Или такой, вызывающий улыбку у взрослых, известный наивный детский вопрос: что такое хорошо и что такое плохо? В наше время с точки зрения экономических проблем этот вопрос сделался исключительно глубоким и сложным.

Поэтому ученые и специалисты уделяют большое внимание разработке теории принятия управленческих решений (получившей название исследование операций). Правильный выбор цели, обоснованный подбор критериев, строгий учет необходимых условий и ограничений — все это обязательные этапы в решении современных задач экономики. И если еще совсем недавно главным инструментом специалистов, вырабатывавших управленческие решения, были опыт и интуиция, то теперь к ним добавились эффективные экономико-математические методы и могучие вычислительные и запоминающие возможности ЭВМ. Но при этом логика, умение глубоко анализировать ситуации, интуиция, по-прежнему остаются совершенно необходимыми качествами для людей, занимающихся планированием и управлением в народном хозяйстве.

Всем известна знаменитая басня И. А. Крылова «Лебедь, рак и щука». С экономической точки зрения ситуация, описанная в ней,— это яркий пример несоответствия целей и несогласованности действий исполнителей одной и той же работы. Вот почему,

несмотря на большие усилия персонажей басни, «воз и ныне там».

В современной экономике обычно составляется четкая программа действий для достижения каждой комплексной цели. Используются сетевые графики и программно-целевой метод планирования. Всегда предусматриваются промежуточные подцели, достижение которых — важный этап в процессе достижения основной цели.

Выбор цели, т. е. ответ на вопрос: к чему надо стремиться? — является одним из важнейших моментов каждой исследуемой задачи, связанной с принятием решений.

Например, многие школьники умеют и любят играть в поддавки. Эта игра внешне очень похожа на шашки, да и правила в ней почти такие же. Но принципиально противоположная цель игры определяет совершенно иную, чем в шашках, тактику игроков.

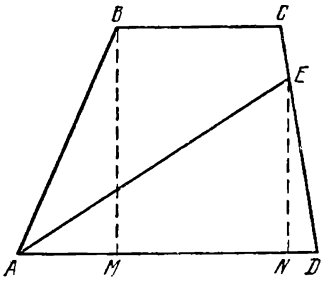


Рис. 11.

Проиллюстрируем высказанную мысль о необходимости правильного выбора цели на примере из области элементарной математики.

Дана трапеция $ABCD$ с основаниями a и b. Из вершины A проведена прямая, делящая трапецию на две равновеликие части. Во сколько раз высота треугольника, отсекаемого этой прямой от трапеции, меньше высоты самой трапеции?

Нетрудно догадаться, что указанная в условии задачи прямая не может пересекать верхнее основание трапеции, а обязательно пересечет боковую сторону в некоторой точке, которую мы обозначим буквой E (рис. 11). Проведем высоту трапеции BM и высоту треугольника EN. Обозначим их соответственно через x и y:

$$S_{\text{трапеции}} = \frac{1}{2}(a+b)\,x,$$

$$S_{\triangle AED} = \frac{1}{2}\,ay.$$

По условию задачи трапеция рассечена прямой AE на две равновеликие части, т. е.

$$S_{\triangle AED} = S_{ABCE} = \frac{1}{2} S_{\text{трапеции}}.$$

На основании этого составляем уравнение:

$$\frac{1}{2} ay = \frac{1}{2} \left(\frac{a+b}{2} \right) x.$$

Мы получили одно уравнение с двумя неизвестными. Совершенно очевидно, что решить такое уравнение (т. е. найти из него x и y) нельзя. Но в том-то и дело, что это нам и не требуется! Наша цель согласно условию задачи определить, во сколько раз y меньше, чем x. Иными словами, мы должны найти не две, а одну неизвестную величину — отношение $\frac{y}{x}$. А ее легко определить из полученного уравнения:

$$2ay = (a + b)\, x,$$

т. е.

$$\frac{y}{x} = \frac{a+b}{2a}.$$

В следующей главе мы еще раз, но уже детально, остановимся на том, как определяется функция цели в оптимизационных задачах.

Важным условием для решения экономических задач является соблюдение комплексности при достижении целей и подцелей. Это нужно понимать следующим образом. На практике существует много параметров, по которым можно оценить различные стороны производственной деятельности. Это и время выполнения работ, и их стоимость, и качество продукции, и количество сэкономленных материалов, и размер экономического эффекта и т. д. Однако конечные результаты хозяйственной деятельности нельзя оценивать лишь по чисто экономическим показателям. Не все следует измерять только в рублях полученного экономического эффекта. Многое необходимо оценивать и с точки зрения социальной эффективности.

Обратимся к примеру из области жилищного строительства. Для выполнения программы строительства

жилых домов в масштабах большого города из чисто технологических соображений удобнее всего (а возможно, и дешевле) было бы работать так: сначала заложить фундаменты всех будущих домов, затем везде возводить коробки, далее всюду монтировать лестничные клетки и лифты, затем... Вполне понятно, что такая программа жилищного строительства неприемлема, так как в этом случае весь город в течение длительного времени не будет иметь ни одной новой квартиры, а лишь затем получит все сразу. Описанный выше «метод» строительства преследовал бы узкие цели (лишь технологические удобства). А цель должна быть комплексной и учитывать многие другие факторы, например, интересы тысяч семей, с нетерпением ожидающих новые квартиры.

В самых различных производственных и бытовых ситуациях мы часто сталкиваемся с тем, что находить управленческое решение нужно сразу по нескольким критериям. Например, вы выбираете себе в магазине новый костюм. По каким критериям вы оцениваете, подходит ли вам тот или иной костюм? Критериев здесь много: и то, как сидит на вас костюм, и качество ткани, и цвет, и соответствие моде, и стоимость и т. д. Но ведь удовлетворить одновременно стольким критериям почти невозможно. Как же быть?

Подобные, но, разумеется, гораздо более сложные и ответственные многокритериальные задачи — типичное явление в современной экономике. Вот почему у плановиков и руководителей производства часто возникают вопросы: чему отдать предпочтение? к чему стремиться?

Ответить на подобные вопросы порой очень сложно даже самым высококвалифицированным специалистам. Здесь, не забывая требования комплексности при достижении целей, мы тем не менее для использования количественных показателей должны отдать предпочтение одному или нескольким критериям. Однако, сводя многокритериальную задачу к однокритериальной, не следует полностью пренебрегать всеми остальными критериями. По ним следует ввести ограничения. Например, если для оценки планируемой производственной программы существует

восемь технико-экономических показателей и добиться максимального значения всех их одновременно нельзя, то можно поступить следующим образом. Выбрать самый важный (в данной ситуации) показатель и принять его в качестве единственного критерия. На остальные семь показателей накладываются ограничения снизу, т. е. определяются такие значения каждого, ниже которых у составляемой производственной программы ни один из них не должен быть.

На практике все мы часто пользуемся таким методом борьбы с многокритериальностью. Если вернуться к ситуации с покупкой нового костюма, то большинство поступает именно так: вводят ограничения на стоимость, цвет, качество ткани, а оптимизируют уже лишь по одному критерию — как костюм сидит на покупателе.

Продолжая наш разговор о том, к чему и как стремиться в разнообразных ситуациях, связанных с принятием управленческих решений, рассмотрим еще один производственный пример. Некоторое предприятие (потребитель) ежедневно нуждается в 500 т сырья. Это сырье доставляется от объекта-поставщика с помощью автотранспорта (5-тонных грузовиков). Каждый грузовик совершает за рабочий день 9 ездок, т. е. доставляет 45 тонн сырья. Ежедневно предприятию выделяется 10 грузовиков, которые обеспечивают доставку 450 т. Но предприятию не хватает еще 50 т. Что же делать? Первое решение, которое приходит в голову руководителям предприятия в суете производственных забот — просить еще один грузовик. Но весь грузовой автотранспорт уже жестко распределен по другим объектам. Тем не менее просьба руководителей предприятия перерастает в требование и начинается активное «выбивание» одиннадцатого грузовика.

Однако перейдем от поверхностного взгляда на возникшую ситуацию к ее более детальному анализу. И прежде всего исследуем организацию работы имеющихся десяти грузовиков. Объект-поставщик находится на расстоянии 6 км. Скорость движения груженой автомашины — 30 км/ч, а порожней — 40 км/ч. Следовательно, доставка сырья занимает 12—13 мин, обратный порожний рейс — 9—10 мин За рабочий день грузовик совершает 9 ездок, значит,

каждая занимает 52—53 мин. Из чего складывается это время, если машина находится в пути (туда и обратно) в среднем 22 мин? Ответ ясен — из операций по погрузке и выгрузке, каждая из которых занимает по 15 мин.

Теперь элементарный расчет показывает, что достаточно сократить время выполнения каждой из этих работ всего лишь на 2—3 мин, и тогда суммарное время, затрачиваемое на один оборот грузовика, станет равным 47—48 мин. Казалось бы — какая мелочь! Но на самом деле это позволит каждому грузовику сделать за рабочий день уже не по 9, а по 10 рейсов и доставить по 50 т сырья. Следовательно, имеющиеся десять автомашин вполне могут обеспечить предприятие необходимыми 500 т сырья ежедневно, если за счет лучшей организации погрузочно-разгрузочных работ сократить их длительность лишь на 2—3 мин. Здесь следует также отметить, что в данном случае экономическую выгоду получает не только предприятие — потребитель груза, но и автотранспортная организация. Ведь теперь при том же количестве транспортных единиц ежедневно может быть перевезено большее количество грузов.

Внимание к подобным «мелочам», проведение точных расчетов, позволяющих выявлять, пусть незначительные, но пока еще не используемые резервы производства — важная задача экономистов, работников отделов планирования и управления. Необходимо широко внедрять оптимизационные методы решения разнообразных экономических задач. В масштабах нашего гигантского народного хозяйства это, несомненно, даст колоссальный экономический эффект. Подтвердим сказанное таким примером. Известно, какое огромное количество металла производится и расходуется в народном хозяйстве. Но, к сожалению, немало металла уходит в стружку, в отходы производства. Так вот, если за счет более рационального, бережного, правильно рассчитанного использования металла снизить металлоемкость в масштабах современного производства всего лишь на 1%, то это позволит сберечь 5,5 миллиарда рублей в год.

В нашей стране много делается для внедрения достижений научно-технического прогресса в практику планирования и организации производства, для со-

вершенствования методов принятия управленческих решений. Значительная роль в этом деле принадлежит автоматизированным системам управления.

АСУП

Термин «автоматизированная система управления предприятием» (АСУП) появился в начале 60-х годов и быстро сделался популярным. Эта популярность объяснялась прежде всего теми экономическими выгодами и организационными удобствами, которые несло в себе создание АСУП.

Следует подчеркнуть, что в название входит слово «автоматизированная». В отличие от традиционного для техники понятия «автоматическая», такая система является человеко-машинной, т. е. предусматривает обязательное участие в ней людей (в первую очередь работников управленческого аппарата). Главная задача такой системы — организация автоматизированной переработки информации и создание на этой основе новой организации управления предприятием.

Некоторые работники народного хозяйства, к сожалению, до сих пор считают, что если на предприятии появилась и используется электронно-вычислительная машина, то это уже означает наличие АСУ. Однако использование вместо конторских счетов и арифмометров ЭВМ — это еще не АСУ. Настоящая автоматизированная система управления должна (кроме ЭВМ) базироваться еще, как минимум, на таких компонентах: применении экономико-математических методов, новой организации управления и использовании экономических механизмов, автоматизации документооборота.

В чем же сила АСУП? Такая система позволяет очень тонко регулировать производственный процесс в целом и все его промежуточные операции. Она помогает строго следить за выполнением графиков и за соблюдением технологии. С ее внедрением удается сократить сроки планирования, а сами планы сделать более гибкими и обоснованными. Такая система оберегает производственный процесс от возможных срывов, вынужденных простоев и злополучной штурмовщины. Она позволяет в любой момент получить всю

необходимую (при этом объективную и самую свежую) информацию о положении дел на предприятии и в его отдельных подразделениях.

Как правило, первый этап в создании АСУП — автоматизация учета. Хорошо известно, что учет является одной из самых трудоемких процедур в системе управления современным производством. Кроме того, это работа, выполняемая по формальным правилам, однообразна. Она требует от человека большого внимания, точности, скорости восприятия однотипной информации и почти не требует от исполнителя элементов творчества. Такую работу принято называть рутинной. Но именно она проще других видов управленческой работы может быть автоматизирована с помощью ЭВМ. Вот почему в большинстве АСУП одной из первых реально действующих подсистем оказывалась именно подсистема автоматизации бухгалтерского учета.

Принципы разработки АСУП требуют не только широкой автоматизации документооборота, но и создания так называемой информационной модели предприятия. Иными словами, для быстрой и удобной выработки управленческих решений в ЭВМ должна храниться самая подробная информация о предприятии в целом и его подразделениях, о технологии производственного процесса, о запасах сырья, о количестве и состоянии оборудования, о квалификации рабочих и специалистов предприятия и т. д. Такой «банк данных» АСУП содержит огромное количество постоянной информации (редко изменяемой) и переменной информации (периодически обновляемой).

Но даже при автоматизации документооборота, создании на основе ЭВМ банка данных и автоматизированного информационно-диспетчерского пункта на предприятии, можно будет говорить лишь об удобствах управления, но не о существенном повышении его эффективности. Главное в АСУП — организационные моменты. Необходимо структуру и методы управления привести в соответствие с резко возросшим уровнем автоматизации в плановой и управленческой деятельности. Иными словами, при создании АСУП меняются функции многих работников управленческого аппарата, по-новому решаются тради-

ционные задачи планирования и управления, появляется целый комплекс новых задач.

Появившаяся в 60-е годы среди руководителей производства мода на АСУП привела к тому, что на многих предприятиях торопились приобретать электронно-вычислительные машины, создавать свои вычислительные центры и, естественно, делать АСУ. При этом далеко не все представляли себе истинные сложности дела. А когда начали реально ощущаться серьезные трудности, пришлось ограничиться частичной автоматизацией документооборота, бухгалтерского учета и еще нескольких второстепенных функций в управлении. Вполне понятно, что такие АСУ не могли дать ожидаемого экономического эффекта.

Специалисты уже давно пришли к выводу, что автоматизированная система управления предприятием будет по-настоящему эффективной только тогда, когда наряду с быстрой и точной машинной переработкой самой детализированной информации, на основе применения современных экономико-математических методов и ЭВМ на предприятии будет решаться много новых (в основном — оптимизационных) задач управления.

Какие же это задачи? Например, задачи оперативного и перспективного планирования, синхронизации производства, оптимального управления запасами и т. д. Проиллюстрируем последнюю из них.

Любому производству, а в особенности — массовому, необходимо иметь некоторые запасы сырья, оборудования, полуфабрикатов, комплектующих изделий. Мы уже говорили о том, что большие запасы — это омертвленный капитал, требующий затрат на его хранение и в конечном итоге приводящий к убыткам в народном хозяйстве. Но и малый запас — это опасность производственных задержек или даже остановки конвейера. Какими же в каждой конкретной ситуации должны быть оптимальные размеры запасов сырья и комплектующих изделий на сборочном предприятии? Подобные задачи, практически совсем не решавшиеся при традиционных методах управления экономическими объектами, сегодня успешно решаются в условиях АСУП. При этом вполне можно добиться того, чтобы ЭВМ сама следила за наличием запасов сырья и изделий на складах,

за темпами их расходования в процессе производства. В нужный момент машина сама предупредит нас, сообщит, о каких заготовках и когда следует побеспокоиться снабженцам предприятия.

Широкое и активное создание в нашей стране автоматизированных систем управления предприятиями началось в середине 60-х годов. И скоро обнаружилась острая нехватка кадров, в первую очередь проектировщиков АСУ. Тогда были приняты важные решения по этому вопросу. В частности, во многих высших учебных заведениях страны были открыты новые факультеты и кафедры, призванные готовить специалистов для автоматизированных систем управления. Были приняты также важные решения о необходимости разработки типовых проектов АСУП для целых групп предприятий. Именно такая типизация позволила ускорить сроки проектирования и повысить качество АСУП.

Заметим, что вопросы типизации различных автоматизированных систем управления сделались еще более актуальными теперь, когда в рамках создания ОГАС требуется объединить, состыковать, множество разрозненных АСУ предприятий, организаций и отраслей народного хозяйства.

В заключение приведем некоторые данные о широко известной в нашей стране, одной из первых типовых автоматизированных систем управления предприятием — системе «Львов», разработанной еще в середине 60-х годов учеными Института кибернетики АН УССР совместно со специалистами Львовского телевизионного объединения «Электрон».

В этой системе работу сразу организовали так, что в ЭВМ постоянно поступали данные с 5 складов, с нескольких конвейеров и с множества датчиков на различных участках производства. Здесь развернули настоящий информационный конвейер. Это позволило добиться высокого уровня синхронизации выполнения операций на разных производственных участках. Хорошо была налажена здесь и обратная связь, т. е. автоматическое поступление информации о наличии и движении запасов конкретных деталей и т. д.

На основе эффективных экономико-математических методов в рамках АСУП решался ряд сложных производственно-экономических задач, таких, напри-

мер, как задачи календарного планирования, материально-технического снабжения и т. д.

Внедрение системы сразу же позволило на 15% уменьшить уровень производственных запасов. Уже одно это почти полностью окупило те полтора миллиона рублей, которые были затрачены на создание системы. Кроме того, примерно на 15% сократился цикл производства. Годовой экономический эффект на предприятии от внедрения этой системы составил 464 тысячи рублей (сегодня он еще выше). И в начале, и в конце месяца на предприятии обеспечивается четко размеренный и рассчитанный ритм работы.

Любые автоматизированные системы управления, в том числе и АСУП «Львов», непрерывно развиваются и совершенствуются в процессе своей полезной и эффективной работы для народного хозяйства.

ЧЕЛОВЕК В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ

Автоматизированные системы сбора и обработки информации, автоматизированные системы планирования и управления различного уровня, как уже отмечалось, обязательно предусматривают активное участие специалистов на стадиях выработки правильных целей, подготовки заданий для ЭВМ, а главное, на важнейших этапах принятия решений. Широкая автоматизация управленческого труда, однако, не уменьшила, а еще более повысила роль человека в системе управления, подняла эту роль на новую, более высокую ступень. Но широкое использование ЭВМ, создание АСУ позволило в значительной мере освободить человека от выполнения рутинной работы, дать ему возможность думать, творить.

Мы уже не раз говорили о том, что современные ЭВМ способны выполнять множество разнообразных операций, относящихся к сфере управленческой деятельности. Это в первую очередь касается тех видов работ, процедуру выполнения которых можно описать некоторым алгоритмом. Тогда машина делает подобные работы гораздо быстрее и точнее человека. Разумеется, это в первую очередь относится к переработке разнообразной учетно-плановой информации в экономике. Без ЭВМ и АСУ человек в полном смысле слова тонет в потоке документов. Если же в

условиях АСУ эту работу берет на себя ЭВМ, человек становится хозяином положения. Теперь масса информации (но уже в переработанном виде) не мешает, а наоборот, помогает ему находить наилучшие управленческие решения.

Однако не следует считать, что несколько десятков или сотен даже самых мощных ЭВМ способно решить все задачи управления экономикой. В условиях научно-технической революции сложность и многообразие этих задач выходят далеко за рамки машинных возможностей и обязательно требуют для своего решения активного участия человека. Эффективное управление экономикой возможно сегодня лишь на основе диалога в человеко-машинных системах. Диалог человека с ЭВМ стал возможным в результате одного из наиболее выдающихся достижений научно-технической революции. Человек предварительно готовит машину к решению определенного класса задач, вводя в нее конкретные параметры, исходные данные, и определяя направление поиска наилучшего варианта решения. Теперь слово за ЭВМ. Используя свою удивительную память и немыслимую для человека быстроту вычислений, машина мгновенно выполняет колоссальный объем работы, перебирает тысячи вариантов и выдает решение поставленной задачи. Начинается «волшебная» работа человеческой мысли — анализ полученного решения, его достоинств и недостатков, приемлемости в тех или иных условиях. В таком анализе человек может учесть факторы, не поддающиеся алгоритмическому описанию или количественным оценкам, т. е. факторы, уже выходящие за рамки возможностей машины. Это могут быть не только научные или экономические факторы, но также и политические, социальные, моральные, психологические и т. д. И вот человек принимает решение, например, о неприемлемости полученного варианта. Тогда изменяются входные условия или параметры задачи и выдается новое задание машине. И снова ЭВМ мгновенно перебирает, рассчитывает и предлагает свои рекомендации, а человек анализирует их и принимает окончательные решения.

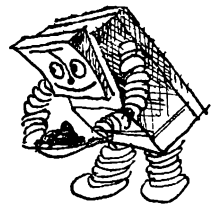
Подобных систем, успешно решающих самые разнообразные задачи в области науки, техники и экономики, создано уже немало. О некоторых из них

пойдет речь в гл. V и VI. Несомненно, что именно таким человеко-машинным системам принадлежит будущее.

Говоря с роли человека в системе управления, особенно с позиций рассматриваемых экономических проблем и задач, очень важно остановиться и на следующих обстоятельствах. Как известно, основная задача, а точнее,— цель социалистической экономики — максимальное удовлетворение потребностей как всего общества в целом, так и всех его членов. Таким образом, для нашего социалистического общества цели экономики в основном находятся за пределами собственно экономики. Сама же экономика является прежде всего средством для достижения поставленных целей.

Совершенно очевидно, что в поисках наиболее дешевых и экономически эффективных вариантов нельзя «экономить на поставленных целях», а только на средствах достижения этих целей. Ведь смысл управления и состоит в том, чтобы достигать поставленных целей минимальными средствами.

Наша конечная цель имеет две стороны: материальный и психологический комфорт личности и всего общества. И если первая из них легко поддается количественным оценкам и сравнениям (т. е. измеряется категориями, понятными машине), то вторая сторона в основном может быть понята и оценена только человеческим разумом. Вот почему мы не удивляемся, что, решая, например задачи по экономии в строительстве, машина вполне может порекомендовать нам строить все дома по одинаковому (самому дешевому) проекту. Но представьте себе город или даже один микрорайон, застроенный совершенно одинаковыми домами! Создает ли это необходимый психологический комфорт его жителям? Или, например, широко известная математикам шуточная задача об оптимальной диете для человеческого питания. ЭВМ, слепо следуя только экономическим критериям (чтобы еда была легкой в приготовлении, максимально дешевой, содержала необходимое количество белков, жиров, углеводов и т. д.), вполне может выработать такой дневной рацион: пшеничная мука, молоко, сырая капуста, вареный горох, рыбий жир. По количеству калорий, казалось бы, здесь есть все



необходимое для человеческого организма. Но много ли найдется желающих практически использовать для себя такое экономически выгодное решение задачи о диете?

Вот почему многие принимаемые у нас управленческие решения не обязательно преследуют чисто экономические цели. Обратимся к такому примеру, как издание учебников для наших средних школ. Эти книги, как известно, продаются по ценам, значительно ниже их себестоимости. Разумеется, отказавшись от хорошей бумаги, красочных иллюстраций, можно было бы значительно снизить себестоимость учебников и не нести здесь убытки. Но это бы безусловно ухудшило учебный процесс и в конечном итоге отрицательно сказалось бы на уровне нашего среднего образования.

Сегодня только человек способен правильно оценить машинные решения, «просеять» через решето своих требований ее рекомендации и выбрать то, что отвечает не только чисто экономическим, но и необходимым социальным критериям. И в этом смысле человек был и остается главным звеном в сложной системе управления современной экономикой.

Поэтому, наверное, не обязательно следует требовать, чтобы в процессе совершенствования качества управления в народном хозяйстве мы непременно ставили задачу сократить численность управленческого аппарата. Здесь важно добиться того, чтобы

имеющийся управленческий аппарат на основе внедрения ЭВМ и АСУ смог бы значительно повысить эффективность управления. Ну и, конечно, будет очень хорошо, если при этом удастся еще и уменьшить численность людей, занятых в сфере управления.

В нашей стране человек является подлинным хозяином общественного производства. Ему предоставлены широкие права и возможности активно участвовать в обсуждении и решении проблем экономики, вопросов планирования и управления в народном хозяйстве. И достижения научно-технического прогресса в значительной степени помогают советскому человеку в этом важном деле.

НАДЕЖНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ЭКОНОМИКИ

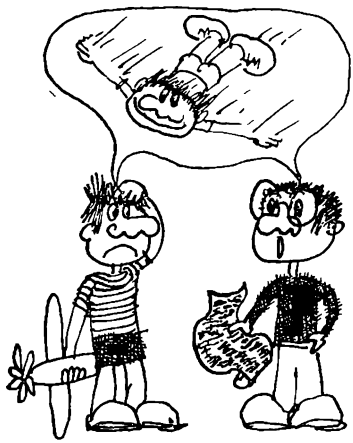
ЗНАКОМСТВО С МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МОДЕЛЯМИ ЭКОНОМИКИ

Слово «модель» хорошо знакомо и понятно каждому старшекласснику. И все же нам кажется, что после знакомства с этим небольшим разделом книги для многих из вас, дорогие читатели, термин «модель» приобретет новый более широкий и глубокий смысл.

Кто из ребят не мечтал в детские годы заниматься в кружке авиамоделирования? А кто из нас может равнодушно пройти мимо хорошо сделанной (и даже действующей) модели заводского цеха, морского судна, лунохода? Все эти модели с определенной точностью в уменьшенном масштабе отражают основные черты оригинала. Но во многих случаях это не просто эффектная игрушка. Известно, например, что проектировщики будущих гидроэлектростанций предварительно изучают процессы предстоящего перекрытия реки и возведения плотины на точно выполненных моделях. А авиаконструкторы уже давно научились не только делать модели будущих самолетов, но и создавать в аэродинамических трубах модели будущих полетов на различных высотах и скоростях. В наземных лабораторных условиях, моделируя ситуацию полета, ученые и инженеры имеют возможность проверить свои расчеты, испытать ту или иную конструкцию на прочность и т. д.

А что же такое математическая модель? Это описание какого-либо реального процесса или некоторой исследуемой ситуации на языке математических формул и соотношений. Помните традиционные задачи на составление уравнений: «Два автомобиля выехали навстречу друг другу...». В таких примерах школьники, как правило, быстро и легко составляют необходимые математические уравнения, даже не по-

дозревая о том, что они тем самым строят именно математическую модель рассматриваемой ситуации. В подробных задачах все так просто и понятно, что слова «математическая модель» кажутся даже неуместными. И тем не менее, налицо факт описания реального процесса на языке абстрактных математических символов. Особенно хорошо это видно, когда мы имеем дело с гораздо более сложными процессами и явлениями, системами и ситуациями.



Да, математическая модель — это абстракция, но нередко приводящая опытных исследователей к важным практическим результатам и выводам. Прекрасным подтверждением сказанному является история открытия планеты Нептун. Всем хорошо известно, что существование этой планеты было теоретически предсказано французским астрономом Леверье в 1846 г. Ученый добился выдающегося успеха благодаря исследованию математической модели, описывавшей движение уже известных к тому времени шести планет Солнечной системы. Задумайтесь еще раз над этим фактом. С одной стороны — вся Солнечная система, с другой — ее математическая модель, поместившаяся на нескольких листах бумаги.

Метод математических моделей уже давно успешно применяется исследователями в области науки и техники. Но во второй половине XX века он пережил свое второе рождение. Это произошло благодаря

ЭВМ, которые позволили специалистам успешно работать с значительно более сложными моделями, содержащими уже тысячи разнообразных параметров и неизвестных величин. Пришла эра математических моделей, гораздо более полно и точно отражающих многие сложные реальные процессы и ситуации, интересующие человека.

Подчеркнем и еще одно важное обстоятельство. Хорошие математические модели, построенные на основе изучения происходящих вокруг процессов, позволяют специалистам правильно ориентироваться в окружающей обстановке, предвидеть последствия принимаемых решений и, главное,— выбирать наиболее правильные действия. А это особенно важно в экономике.

Огромное значение математических моделей для экономики одним из первых понял Карл Маркс. Глубоко исследовав принципы капиталистического производства, он описал их соответствующими математическими соотношениями и получил на этой основе ряд важных количественных оценок.

Познакомимся с одной из классических моделей Маркса, позволяющей в обобщенном математическом виде описать понятие «стоимости».

Предположим, что общество производит N различных товаров. Каждый товар имеет свою стоимость. Обозначим через q_i стоимость единицы товара номера i ($i = 1, 2, \ldots, N$). Естественно, что эта величина должна включать в себя стоимость других товаров (сырья, деталей и т. д.), которые были использованы на производство товара номера i. При этом необходимо учитывать количество каждого из товаров j ($j = 1, 2, \ldots, N$), которое было затрачено на производство единицы i-го товара. Для этого вводим набор параметров a_{ij}. Заметим, что если для производства товара номера i некоторые виды товаров не используются (например, товары номеров k и l), то соответствующие параметры будут равны нулю ($a_{ik} = 0$, $a_{il} = 0$).

Таким образом, стоимость всех товаров, затраченных на производство единицы товара номера i, равна

$$\sum_{j=1}^{N} a_{ij} q_j .$$

Вторым важнейшим компонентом, из которого складывается стоимость товара, является труд, вложенный на производство единицы i-го товара. Мы обозначим его через r_i.

Теперь можем составить общее математическое соотношение, определяющее полную стоимость единицы товара:

$$q_i = r_i + \sum_{j=1}^{N} a_{ij} q_j \quad (i = 1, 2, \ldots, N).$$

Рассматривая все виды товаров, мы получим систему N уравнений с N неизвестными: $q_1, q_2, \ldots, q_N$. Из этой системы могут быть определены стоимости единиц всех видов товаров, но при условии, что нам известны числа a_{ij} и величины r_i.

Отметим, что способ определения величин r_i является весьма сложным и даже неоднозначным. В самом деле, ведь соизмерить между собой стоимости различных видов труда совсем не просто. Однако мы не будем сейчас углубляться в сущность этого вопроса, а лишь подчеркнем важный для нас в данном случае вывод: рассмотренная математическая модель показывает принципиальную возможность численного определения стоимостей товаров через стоимости различных видов труда.

Как уже отмечалось выше, благодаря появлению ЭВМ в последние 2—3 десятилетия началось стремительное развитие экономико-математических исследований. Особая роль при этом принадлежит качеству математических моделей. Здесь очень важно в каждом конкретном случае найти золотую середину между желанием как можно точнее отразить в модели все детали рассматриваемой ситуации и стремлением упростить модель для возможности выполнения необходимых расчетов. Переусложнение также вредно, как и переупрощение. И главное в моделировании, да и вообще в применении математических методов в экономике,— правильный выбор цели и строгое обоснование исходных предпосылок. В противном случае, даже несмотря на грамотное выполнение всех математических преобразований и вычислений, можно прийти к неверным выводам, незаметным на первый взгляд.

Итак, мы познакомились с понятием математического моделирования и ролью этих моделей в экономике. В заключение добавим, что для целого ряда типичных задач планирования и управления именно на основе построения хороших математических моделей специалистам удалось разработать эффективные алгоритмы для нахождения оптимальных решений. Многие из них успешно реализованы на практике и с помощью ЭВМ позволили получить для нашего народного хозяйства огромный экономический эффект.

НЕСКОЛЬКО ТИПИЧНЫХ ЗАДАЧ

Применение экономико-математических методов и вычислительной техники действительно оказалось надежным средством для успешного решения многих конкретных задач современной экономики. Разработка специальных математических моделей, переход к точным количественным оценкам, развитие новых методов в теории оптимальных решений,— все это позволяет сегодня эффективно решать разнообразные народнохозяйственные задачи по планированию и размещению производства, организации перевозок, проектированию новых нефте- и газопроводов, оптимальному распределению средств и сырья и многие другие.

Специалисты по экономической кибернетике тщательно исследовали целые классы типичных задач, связанных с планированием и принятием решений, разработали для них хороший математический аппарат. Причем большая заслуга в этом принадлежит нашим советским ученым. Однако переход ко все более масштабным и сложным экономическим задачам требует новых методов для их эффективного решения. И здесь еще предстоит много потрудиться современным и будущим математикам.

В этом разделе мы познакомимся с математической постановкой нескольких типичных задач, связанных с планированием и принятием управленческих решений. Как уже стало принятым в данной области научных исследований, свои рассуждения мы будем иллюстрировать на простых и даже шуточных примерах. Однако глубокие и оригинальные идеи, на которых основываются методы решения этих задач,

успешно применяются на практике в значительно более сложных ситуациях.

Транспортная задача. Представьте себе, что имеются четыре объекта A_1, A_2, A_3, A_4, нуждающиеся в одном и том же сырье (это, например, могут быть стройки, нуждающиеся в кирпиче, или животноводческие фермы, нуждающиеся в кормах). Назовем их потребителями. Имеются также три поставщика (т. е. отправителя нужных грузов). Мы обозначим их через T_1, T_2, T_3. Это могут быть кирпичные заводы, железнодорожные станции или речные пристани, через которые осуществляется поставка грузов потребителям.

Типичным для практики и, следовательно, традиционным для подобных задач является наличие ограничений. Предположим, что в нашем случае мощности поставщиков (или пропускные способности отправителей грузов) в тоннах таковы: для T_1 — 55 в сутки, для T_2 — 45, для T_3 — 70.

Суммарная мощность поставщиков равна $55 + 45 + 70 = 170$ тонн в сутки. Это соответствует суммарным запросам потребителей: A_1 — 50, A_2 — 35, A_3 — 25, A_4 — 60.

Грузы доставляются от поставщиков к потребителям на автомашинах, имеющих одинаковую грузоподъемность. Естественно, возникает задача — минимизировать транспортные расходы на доставку этих грузов. Подсчет транспортных расходов обычно производится в тонно-километрах. Если, например, 5-тонный самосвал отвез груз на расстояние в 10 км, то расходы при этом определяют через величину $5 \cdot 10 = 50$ (т·км).

Как же наилучшим образом спланировать грузовые перевозки, если нам известны расстояния от каждого из поставщиков до каждого из потребителей? Эти расстояния в километрах даны в табл. 1.

Мы ищем в данной задаче наилучший (в смысле минимума транспортных расходов) вариант распределения — от какого из поставщиков и в каком количестве везти грузы каждому из потребителей?

Обозначим через x_{ij} ($i = 1, 2, 3, 4$; $j = 1, 2, 3$) количество тонн груза, перевозимое от T_j к A_i. Таким образом, мы вводим в задачу 12 неизвестных величин. Теперь обратимся к табл. 2.

Таблица 1

Расстояние, км				
		Поставщики		
		T_1	T_2	T_3
Потребители	A_1	9	10	15
	A_2	12	5	6
	A_3	11	7	4
	A_4	8	16	7

Таблица 2

	T_1	T_2	T_3	Нужды потребителей (в тоннах)
A_1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	50
A_2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	35
A_3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	25
A_4	x_{41}	x_{42}	x_{43}	60
Мощности поставщиков (в тоннах)	55	45	70	

Запишем имеющиеся ограничения в виде математических уравнений:

$$\begin{aligned} x_{11}+x_{12}+x_{13}&=50,\\ x_{21}+x_{22}+x_{23}&=35,\\ x_{31}+x_{32}+x_{33}&=25,\\ x_{41}+x_{42}+x_{43}&=60,\\ x_{11}+x_{21}+x_{31}+x_{41}&=55,\\ x_{12}+x_{22}+x_{32}+x_{42}&=45,\\ x_{13}+x_{23}+x_{33}+x_{43}&=70. \end{aligned} \qquad (1)$$

Итак, мы имеем систему из 7 уравнений, содержащих 12 неизвестных. Но не отчаивайтесь раньше времени. Все дело в том, что мы не стремимся решать эту систему. Наша цель другая — минимизировать транспортные расходы. Из чего они состоят в нашей задаче?

Если от поставщика T_1 потребителю A_1 на расстояние 9 км (см. табл. 1) перевозится x_{11} тонн груза, то получаем величину $9x_{11}$ (т·км). Следовательно, транспортные расходы определяются величиной

$$C = 9x_{11} + 10x_{12} + 15x_{13} + 12x_{21} + 5x_{22} + \\ + 6x_{23} + 11x_{31} + 7x_{32} + 4x_{33} + 8x_{41} + 16x_{42} + 7x_{43}. \quad (2)$$

Именно эту величину мы и должны минимизировать. Иными словами, мы должны из системы 7 уравнений с 12 неизвестными (1) при условии неотрицательности неизвестных найти такие их значения, при которых величина C(2) принимала бы минимальное значение.

Более строго математически эту задачу можно записать так:

$$\sum_j x_{ij} = p_i,$$

$$\sum_i x_{ij} = q_j, \quad \begin{pmatrix} i = 1, 2, 3, 4; \\ j = 1, 2, 3 \end{pmatrix},$$

$$x_{ij} \geqslant 0,$$

$$\sum_i \sum_j m_{ij} x_{ij} = C \to \min.$$

Здесь m_{ij} — расстояние между A_i и T_j (см. табл. 1), p_i — потребность в тоннах груза объекта A_i (см. табл. 2), q_j — мощность поставщика T_j в тоннах (см. табл. 2).

Рассмотрим один из конкретных вариантов перевозки грузов. Вполне возможно, что потребитель A_1, воспользовавшись территориальной близостью к поставщику T_1, договорился о получении необходимых грузов именно от него. Аналогично потребители A_2 и A_3 наладили контакты с поставщиком T_3. Тогда потребителю A_4 ничего не остается другого, как

основную массу требуемых грузов перевозить от поставщика T_2 на расстояние 16 км. Тогда имеем

$$C = 50 \cdot 9 + 35 \cdot 6 + 25 \cdot 4 + 5 \cdot 8 + 45 \cdot 16 + 10 \cdot 7 = 1590 \text{ (т} \cdot \text{км)}$$

Картина таких грузовых перевозок представлена в табл. 3.

Нетрудно догадаться, что это плохой вариант. Но достаточно нам «замкнуть» потребителя A_1 на поставщика T_2 (даже немного потеряв при этом), как сразу же для A_4 открывается возможность основную часть грузов возить от T_1. Теперь $C = 5 \cdot 9 + 45 \cdot 10 + 35 \cdot 6 + 25 \cdot 4 + 50 \cdot 8 + 10 \cdot 7 = 1275$ (т·км).

Таблица 3

	T_1	T_2	T_3
A_1	50	—	—
A_2	—	—	35
A_3	—	—	25
A_4	5	45	10

$C = 1590$ (т·км).

Таблица 4

	T_1	T_2	T_3
A_1	5	45	—
A_2	—	—	35
A_3	—	—	25
A_4	50	—	10

$C = 1275$ (т·км).

Новый план перевозок представлен в табл. 4. Он, несомненно, лучше предыдущего. Этот «хороший» план дает ежедневный выигрыш в 315 т·км по сравнению с «плохим» планом перевозок. Но и это не все. Взгляните на табл. 5, где предложен еще один вариант. Теперь $C = 40 \cdot 9 + 10 \cdot 10 + 35 \cdot 5 + 25 \cdot 4 + 15 \cdot 8 + 45 \cdot 7 = 1170$ (т·км)

Даже по отношению к «хорошему» плану этот новый вариант перевозок дает возможность ежедневно сэкономить еще 105 т·км. Является ли данное решение задачи оптимальным (наилучшим)? Предоставим возможность вам, уважаемые читатели, самостоятельно ответить на этот вопрос.

Мы надеемся, что на рассмотренном примере вы наглядно убедились в эффективности математического моделирования, еще раз обратили внимание на важность правильного выбора функции цели. Задача

Таблица 5

	T_1	T_2	T_3
A_1	40	10	—
A_2	—	35	—
A_3	—	—	25
A_4	15	—	45

C=1170 (т·км).

Таблица 6

Предмет	Масса m_i	Ценность c_i
a_1	5,0	45
a_2	4,2	40
a_3	3,4	35
a_4	2,8	30
a_5	1,8	25
a_6	1,6	20

оказалась несложной. К ее оптимальному решению мы приближались на основе обычных рассуждений. Однако математики уже давно научились решать гораздо более сложные транспортные задачи, используя специальные алгоритмы оптимальных решений, и, конечно, могучие возможности ЭВМ.

А теперь кратко остановимся еще на нескольких типичных задачах, связанных с применением экономико-математических методов. Вот некоторые из них: задача о выборе невесты, задача о бродячем торговце, задача о ранце (или о рюкзаке), задача о смесях, задача о диете, задача о назначениях персонала и т. д. Еще раз подчеркнем, что развлекательный стиль формулировок этих задач ни в коей мере не должен скрывать от вас главного — тесной связи их с реальными практическими ситуациями, красоты и общности математических моделей, оригинальности и эффективности алгоритмов оптимальных решений.

Остановимся, например, на весьма популярной задаче о ранце.

Собираясь в поход, мы, как правило, задумываемся над тем, что же с собой взять. Так появляется набор желаемых предметов: a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6. Каждый из этих предметов имеет определенную массу m_i и характеризуется некоторой ценностью c_i (i = = 1, 2, 3, 4, 5, 6). Естественно, что ценность предметов определяется в зависимости от того, кто, куда и зачем едет. Эта величина выражается в некоторых абстрактных единицах.

Исходные данные нашей задачи приведены в табл. 6.

Снова важнейшим моментом в задаче является наличие ограничения. В данном случае — по грузоподъемности ранца. Предположим, что она равна 10,0 кг. Легко видеть, что все желаемые предметы никак не втиснешь в ранец. Необходимо отобрать и положить в него те предметы, общая масса которых не превышает 10,0 кг, причем суммарная ценность отобранных предметов должна быть максимальной.

Мы сейчас рассматриваем задачу в настолько упрощенном виде, что каждый без труда может найти искомое решение простым перебором вариантов. Например, если мы выберем наиболее ценные предметы a_1 и a_2, то они вместе имеют массу 9,2 кг (что удовлетворяет условию задачи), а их суммарная ценность равна 85.

Другой вариант выбора: $\{a_1, a_3, a_6\}$. Тогда масса $m_1 + m_3 + m_6 = 10{,}0$ (подходит). Ценность $c_1 + c_3 + c_6 = 100$.

Казалось бы, чего лучшего можно еще желать? Тем не менее мы не останавливаемся на достигнутом, а пробуем варианты дальше:

$$\{a_3, a_4, a_5, a_6\};$$
$$m_3 + m_4 + m_5 + m_6 = 9{,}6 \quad \text{(подходит):}$$
$$c_3 + c_4 + c_5 + c_6 = 110.$$

Отлично! Но, может быть, данный вариант не самый лучший? Предоставим возможность ответить на этот вопрос нашим читателям.

Рассматривая примеры транспортной задачи и задачи о ранце, мы подбирали «хорошие» решения чисто интуитивно. Однако, как уже неоднократно говорилось, специалистами создано много оригинальных методов для быстрого и точного решения подобных оптимизационных задач. О красивой и поучительной идее одного из популярнейших экономико-математических методов мы расскажем ниже.

МЕТОД ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассмотрим типичную задачу планирования производства. По традиции, здесь снова можно было бы описать некую забавную ситуацию (как, например, это оригинально сделано в увлекательной

книге В. Португала «Беседы об АСУ»). Однако мы не будем конкретизировать, кто и что именно собирается производить.

Предположим, речь идет о производстве двух типов изделий, K_1 и K_2. Для производства первого изделия требуется 40 кг металла, 1 лист пластика и 2 кубометра древесины. А для производства второго — 30 кг металла, 4 листа пластика и 4 кубометра древесины. Все три вида сырья имеются у нас в ограниченном количестве: металла — 750 кг, пластика — 64 листа, древесины — 70 кубометров.

Изготовленные и реализованные изделия дают прибыль K_1 — 240 р., K_2 — 320 р.

Возникает естественный вопрос: с учетом ограничений по сырью — сколько и каких изделий надо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Внесем всю исходную информацию по данной задаче в специальную таблицу (табл. 7).

Таблица 7

Изделие	Расход на изделие			Прибыль, p
	металл, кг	пластик, лист	древесина, м³	
K_1	40	1	2	240
K_2	30	4	4	320
Ограничение по сырью	750	64	70	

Итак, искомыми являются две величины: x_1 — количество производимых изделий K_1 и x_2 — количество производимых изделий K_2. Естественно, это должны быть целые неотрицательные величины.

Рассмотрим один из возможных вариантов производственного плана. Например, вариант $x_1 = 10$, $x_2 = 10$. В этом случае расходы сырья окажутся следующими:

а) металл $40 \cdot 10 + 30 \cdot 10 = 700 < 750$,

б) пластик $1 \cdot 10 + 4 \cdot 10 = 50 < 64$,

в) древесина $2 \cdot 10 + 4 \cdot 10 = 60 < 70$.

А суммарная прибыль равна $240 \cdot 10 + 320 \cdot 10 = 5600$ (р.).

Легко заметить, что это не лучшее решение задачи. Как же найти оптимальный вариант?

Сейчас мы решим данную оптимизационную задачу, используя идеи линейного программирования — одного из наиболее популярных и эффективных методов современной экономической кибернетики.

Но прежде, используя данные табл. 7, построим математическую модель задачи:

$$\begin{aligned} 40x_1 + 30x_2 &\leqslant 750, \\ x_1 + 4x_2 &\leqslant 64, \\ 2x_1 + 4x_2 &\leqslant 70, \\ x_1 \geqslant 0, \quad x_2 &\geqslant 0. \end{aligned} \tag{3}$$

Необходимо найти такие целочисленные значения x_1 и x_2, которые бы удовлетворяли (3) и максимизировали бы функцию

$$F = 240x_1 + 320x_2. \tag{4}$$

Сократив общие множители и преобразуя соотношения (3), имеем

$$x_2 \leqslant 25 - \frac{4}{3}x_1, \tag{5}$$

$$x_2 \leqslant 16 - \frac{1}{4}x_1, \tag{6}$$

$$x_2 \leqslant 17\frac{1}{2} - \frac{1}{2}x_1, \tag{7}$$

$$x_1 \geqslant 0, \quad x_2 \geqslant 0. \tag{8}$$

А теперь рассмотрим графическую интерпретацию данной задачи (уже принявшей строгий математический вид). Для этого обратимся к прямоугольной системе координат, на которой изображены прямые:

а) $x_2 = -\frac{4}{3}x_1 + 25$,

б) $x_2 = -\frac{1}{4}x_1 + 16$,

в) $x_2 = -\frac{1}{2}x_1 + 17\frac{1}{2}$.

Условие (8) сразу указывает нам, что речь идет лишь о первой четверти этой системы координат (рис. 12).

Нетрудно догадаться, что неравенству (5) удовлетворяют координаты x_1 и x_2 всех тех точек пло-

скости, которые лежат под прямой (*а*). Аналогично для (6) — все точки под прямой (*б*), а для (7) — все точки под прямой (*в*).

Следовательно, всей системе ограничений рассматриваемой задачи полностью удовлетворяют значения x_1 и x_2, являющиеся координатами точек, лежа-

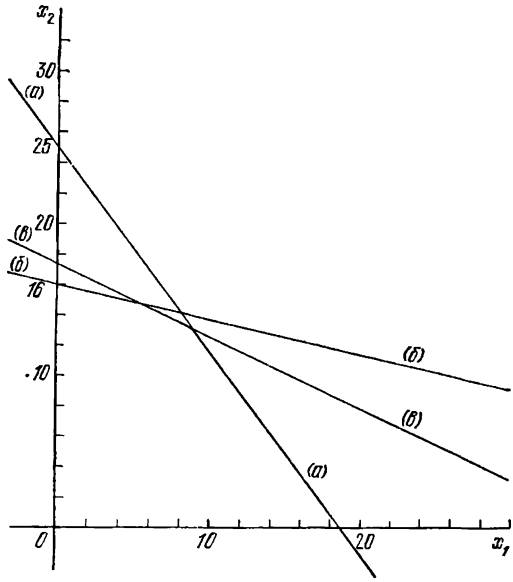


Рис. 12.

щих в заштрихованной на рис. 13 области. Например, в заштрихованной области лежат точки с координатами: ($x_1 = 17$, $x_2 = 1$); ($x_1 = 12$, $x_2 = 8$); ($x_1 = 2$, $x_2 = 15$) и т. д. Значит, каждая из этих пар является одним из возможных решений нашей задачи.

Однако вернемся к целевой функции. Мы ищем оптимальное значение, т. е. стремимся максимизировать величину F. Преобразуем (4) к виду

$$x_2 = -\frac{3}{4}x_1 + \frac{F}{320}.$$

При $F = 0$ получим прямую (l_1) (см. рис. 13). Изменениям величины F соответствует параллельный перенос прямой (l_1) и, наоборот, параллельный перенос вверх прямой (l_1) соответствует увеличению

значения F. Мы получаем семейство параллельных прямых (l_1), (l_2), (l_3), (l_4). Так как оптимальным является решение, соответствующее максимальному значению F, то вполне очевидно, что прямая, описывающая целевую функцию, должна быть максимально удалена от начала координат. При этом мы не имеем права выходить за заштрихованную область.

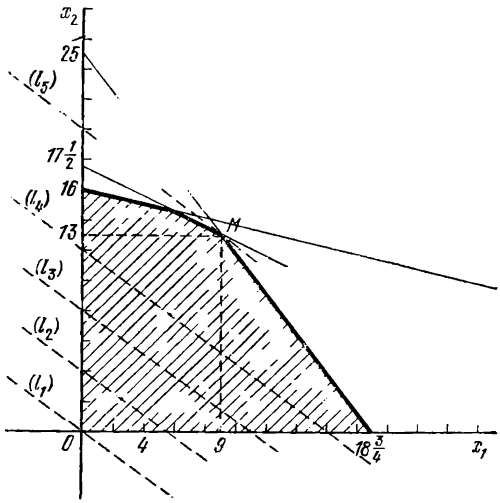


Рис. 13.

Вывод не вызывает сомнения. Наиболее удаленной прямой от начала координат будет (l_5). Следовательно, оптимальное решение связано с точкой M. Ее координаты определяют оптимальный план. В нашей задаче $x_1 = 9$, $x_2 = 13$.

Итак, наиболее рационально в условиях рассматривавшейся задачи произвести 9 изделий K_1 и 13 изделий K_2. При этом

$$F = 9 \cdot 240 + 13 \cdot 320 = 6320 \text{ (р.)}.$$

Возможно, кое-кому из школьников решение данной задачи на первый взгляд покажется сложным. Но это лишь на первый взгляд. Еще раз задумайтесь над идеей примененного метода и вы безусловно догадаетесь, что при такой графической интепретации задачи оптимальное решение (т. е. точку M)

всегда следует искать именно на границе заштрихованной области.

Вполне понятно, что если бы речь шла о производстве трех изделий, то в задаче были бы три переменные x_1 x_2, x_3. Тогда мы рассматривали бы не фигуру на плоскости, а некоторое геометрическое тело в трехмерном пространстве.

ОБ ИДЕЯХ ОПТИМИЗАЦИИ

Метод линейного программирования был описан нами на простой и наглядной задаче. На практике, однако, специалисты систематически сталкиваются с гораздо более сложными задачами, где количество переменных величин и ограничений измеряется многими десятками и сотнями (вспомните хотя бы задачу об управлении морскими контейнерными перевозками, описанную нами в гл. I). Тем не менее, благодаря колоссальным вычислительным и запоминающим возможностям современных ЭВМ, во многих подобных ситуациях метод линейного программирования оказывается весьма эффективным и позволяет успешно решать актуальные практические задачи в области планирования и управления. И все же он не универсален. Многие реально возникающие задачи экономического характера имеют свои специфические особенности. Для разных вариантов этих особенностей, видов ограничений, типов рассматриваемых функций и т. д. математики и кибернетики разработали (и активно продолжают это делать) много оригинальных оптимизационных методов. Как правило, эти методы рассчитаны на применение ЭВМ.

Познакомим наших читателей с математической идеей еще одного весьма интересного метода, широко применяемого на практике для оптимального планирования и управления. Речь идет о последовательных (пошаговых) процедурах нахождения решения. Этот метод получил название «динамическое программирование».

Наиболее типична и удобна для наглядной иллюстрации задача распределения капитальных вложений на некоторый заранее заданный период времени, например, на три года.

Пусть имеется некое количество капитальных вложений, которое необходимо распределить между тремя

отраслями. При этом каждая из отраслей обладает своими экономическими характеристиками. Здесь для нас важны два показателя:

— какую прибыль приносит к концу года вложение капитальных средств в данную отрасль?

— какую величину к концу года составят вложенные в отрасль средства?

Предположим, что для трех конкретных отраслей, рассматриваемых в данной задаче, эти показатели таковы.

Прибыль:

$$p_1(t) = t, \quad p_2(t) = 0{,}4t, \quad p_3(t) = 0{,}6t.$$

«Сохранность» капитальных вложений:

$$q_1(t) = 0{,}2t, \quad q_2(t) = 0{,}8t, \quad q_3(t) = 0{,}6t.$$

Как видим, наибольшую прибыль за год дают капитальные вложения в первую отрасль, но при этом весьма мал коэффициент их сохранения. Этот коэффициент высок во второй отрасли, однако здесь вложенные средства дают наименьшую прибыль.

В условии данной задачи важно то, что в конце и первого, и второго годов остающиеся капитальные вложения могут заново перераспределяться между тремя рассматриваемыми отраслями. С учетом этого нам необходимо добиться того, чтобы по итогам трехлетнего периода суммарная полученная прибыль была максимальной.

Как нам не редко приходится делать на практике, начнем решать эту задачу с конца. И далее, двигаясь шаг за шагом по годам, придем к исходной ситуации. Предположим, что к концу второго года у нас сохранилось a_2 капитальных вложений и мы последний раз (в условиях задачи) распределяем их по трем рассматриваемым отраслям. В первую отдадим x_2 из этих средств, во вторую y_2, в третью — все остальное: $(a_2 - x_2 - y_2)$. Цель — получить максимальную прибыль. Тогда на последнем этапе задачи эта величина находится из условия:

$$\varphi_1(a_2) = \max_{\substack{x_2 \geqslant 0,\ y_2 \geqslant 0,\\ x_1 + y_2 \leqslant a_2}} \{p_1(x_2) + p_2(y_2) + (a_2 - x_2 - y_2)\} =$$

$$= \max\{x_2 + 0{,}4y_2 + 0{,}6(a_2 - x_2 - y_2)\} =$$

$$= \max\{0{,}6a_2 + 0{,}4x_2 - 0{,}2y_2\}.$$

Естественно, что при рассматриваемых ограничениях $x_2 \geqslant 0$, $y_2 \geqslant 0$, $x_2 + y_2 \leqslant a_2$ максимум здесь достигается, если $x_2 = a_2$, $y_2 = 0$. Это вполне очевидно. На последнем этапе (в соответствии со спецификой задачи) мы уже не думаем о сохранении средств на будущее, а лишь стремимся получить максимальную прибыль. Ее дает нам первая отрасль. Сюда и следует на третий год вложить все оставшиеся средства.

Итак, $x_2 = a_2$, $y_2 = 0$; $\varphi_1(a_2) = a_2$.

Теперь отступим на один шаг назад от конца задачи и рассмотрим распределение капитальных вложений на второй год совместно с уже рассмотренным последним годом. Пусть по итогам первого года деятельности отраслей у нас сохранилось a_1 средств. Если мы распределим их по отраслям следующим образом: x_1, y_1, $(a_1 - x_1 - y_1)$, то к концу второго года (т. е. к началу последнего третьего этапа задачи) у нас сохранится $q_1(x_1) + q_2(y_1) + q_3(a_1 - x_1 - y_1)$ капитальных вложений. Следовательно, максимальная прибыль за последние два этапа задачи определяется так:

$$\varphi_2(a_1) =$$

$$= \max_{\substack{x_1 \geqslant 0,\ y_1 \geqslant 0,\\ x_1 + y_1 \leqslant a_1}} \{p_1(x_1) + p_2(y_1) + p_3(a_1 - x_1 - y_1) +$$

$$+ \varphi_1[q_1(x_1) + q_2(y_1) + q_3(a_1 - x_1 - y_1)]\} =$$

$$= \max\{x_1 + 0{,}4y_1 + 0{,}6(a_1 - x_1 - y_1) +$$

$$+ \varphi_1[0{,}2x_1 + 0{,}8y_1 + 0{,}6(a_1 - x_1 - y_1)]\} =$$

$$= \max\{0{,}6a_1 + 0{,}4x_1 - 0{,}2y_1 + 0{,}6a_1 -$$

$$- 0{,}4x_1 + 0{,}2y_1\} = \max\{1{,}2a_1\} = 1{,}2a_1.$$

Неожиданный результат! Максимальная прибыль (в условиях данной задачи) за последние два года равна $1{,}2a_1$ и не зависит от величин x_1 и y_1, т. е. от того, как мы распределим капитальные вложения, оставшиеся после первого года, между нашими тремя отраслями на второй год.

И, наконец, сделаем еще один шаг в наших рассуждениях и придем к исходному моменту задачи. Максимальная прибыль за все три года определяется как сумма прибыли за первый год и максимальной

прибыли за последующие два года:

$$\varphi_3(a) =$$

$$= \max_{\substack{x \geqslant 0,\ y \geqslant 0,\\ x+y \leqslant a}} \{p_1(x) + p_2(y) + p_3(a-x-y) +$$

$$+ \varphi_2[q_1(x) + q_2(y) + q_3(a-x-y)]\} =$$

$$= \max\{0{,}6a + 0{,}4x - 0{,}2y +$$

$$+ 1{,}2[0{,}6a - 0{,}4x - 0{,}2y]\} =$$

$$= \max\{1{,}32a - 0{,}08x + 0{,}04y\}.$$

Учитывая ограничения $x \geqslant 0$, $y \geqslant 0$, $x + y \leqslant a$, получаем, что $\varphi_3(a) = 1{,}36a$ при $x = 0$, $y = a$.

Итак, задача решена. Максимальная прибыль за все три года равна $1{,}36a$. Она достигается, если имеющиеся a капитальных вложений распределить среди трех рассматривавшихся отраслей по годам следующим образом. На первом этапе все средства надо направить во вторую отрасль (имеющую наибольший коэффициент сохранения их). На последнем третьем году все средства целесообразно направить в наиболее прибыльную — первую отрасль. Распределение средств на втором этапе, как оказалось, не влияет на решение задачи. Поэтому здесь можно либо задействовать неиспользовавшиеся мощности третьей отрасли, либо принять во внимание какие-либо другие обстоятельства.

Многие идеи и методы оптимизации не только красивы и оригинальны с математической точки зрения, но и весьма поучительны. В этом можно убедиться на примерах уже рассмотренных нами транспортной задачи, методов линейного и динамического программирования. Любопытно, что со многими аналогичными приемами нахождения наилучших решений (правда, в более упрощенном виде) мы нередко сталкиваемся в области элементарной математики или при поиске оптимальных стратегий поведения в ситуациях с элементами случайности или в условиях неопределенности.

Рассмотрим один простой, но занятный пример. Приехав из своего города на экскурсию или в служебную командировку в Москву, вы, как и большинство приезжих, активно пользуетесь замечательным столичным метрополитеном. Как известно, многие

подземные станции здесь очень длинные и имеют по несколько выходов на разные улицы. Вы сели в подземный поезд и едете на определенную станцию. Но вы не знаете, будет ли выход на нужную вам улицу в конце станции по ходу движения или в противоположном конце. Как быть? Есть любители рискнуть и специально сесть в первый или последний вагон. А вдруг ошибка? Тогда придется на станции назначения идти до нужного выхода около 100 м. И как всегда, это будет именно в тот момент, когда вы очень торопитесь.

Многие (даже не задумываясь над математической сутью своей идеи) интуитивно приходят к такой стратегии: нужно в ожидании поезда пройти на середину платформы. Теперь вы уверены, что до нужного выхода вам придется пройти половину длины станции. Но не более! Вы заведомо идете на определенный проигрыш, но гарантируете себе, что проигрыш этот не превысит рассчитанной наперед величины.

Во многих практических ситуациях подобная стратегия надежнее, чем рискованные и неоправданные надежды на «авось повезет». Тут же заметим, что такой подход к задаче хорошо известен специалистам по теории игр и часто применяется при поиске оптимальных стратегий в значительно более сложных ситуациях.

В заключение заметим, что мы не случайно целую главу книги об ОГАС посвятили вопросам математического моделирования и знакомству с математическими методами оптимизации. Это совершенно необходимый и надежный инструмент для решения многих актуальных задач современного планирования и управления, но всегда очень важно точно определить поставленную цель, четко разобраться в критериях, по которым мы оптимизируем. Необходимо быть внимательным к ограничениям, вводимым в задачу, уметь проанализировать, как малейшие изменения повлияют на решение задачи.

Для широкой автоматизации в области планирования и управления, для создания ОГАС совершенно необходимо разрабатывать оригинальные методы, в большом количестве накапливать эффективные алгоритмы и программы для машинного решения множества самых разнообразных задач экономики

ПОГОВОРИМ О БЕЗБУМАЖНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

НТР И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Слово «технология» произошло от греческого слова techne — искусство, мастерство, умение и всем понятного окончания ...логия. Под этим словом всегда понималась совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, изделий и т. д. Совершенствование технологий всех отраслей и видов производства было и остается важным условием ускорения научно-технического прогресса.

Однако так уже повелось, что понятие это традиционно связывалось с материальным производством. И, произнося слово технология, многие почти автоматически подразумевают под этим производственную технологию. Речь обычно идет о технологии обработки металлов, технологии сборки сложных конструкций, технологии промышленного получения жидкого кислорода и о многих тысячах других процессов технического, производственного характера.

Бурное развитие научно-технической революции (НТР), стремительность и многообразие нашей жизни быстро приводят к появлению новых понятий и терминов, к сужению или расширению областей применения старых. Именно так за последние несколько десятилетий понятия «техника» и «технология» сделались в буквальном смысле всеобъемлющими. Теперь вполне естественно говорить о технологии выращивания морозоустойчивой пшеницы, о технологии испытаний нового автомобиля, о технике доказательства некоторого класса математических теорем.

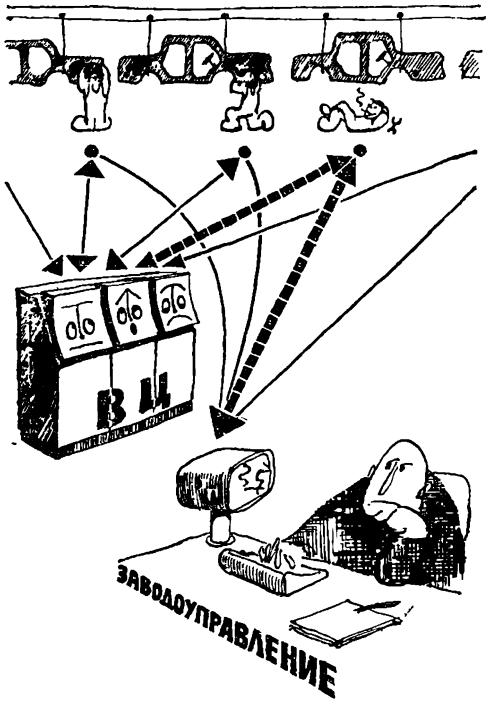
Но дело не в названиях, не в терминах, не в том, как мы трактуем те или иные понятия. Главное заключается в том, что научно-техническая революция, по существу, расширила понятие технологии. Появилось и сделалось одним из важнейших в науке, на производстве, в нашей обыденной жизни понятие «технология переработки информации».

Мы уже говорили о том, что в современном мире, заполненном информацией, очень многое зависит от того, в каких масштабах и насколько быстро человек умеет ее перерабатывать. Особенно это касается сферы производства.

Рассмотрим несколько примеров. Рабочий должен обработать на станке партию несложных деталей. Технология обработки проста и он хорошо помнит ее. Иными словами, информации здесь мало и о технологии переработки ее речь не идет. Но вот данную работу решено выполнять на станке с программным управлением. Это значительно повысит темпы и точность работы, т. е. сократит период изготовления требуемого количества деталей. Но для станка-автомата нужно подготовить и задать соответствующую программу. А такая работа уже неразрывно связана с необходимостью переработки информации. Это информация о форме и размерах заготовки и подготовляемого изделия, о допустимых отклонениях, а также информация о принципе работы станка, о последовательности операций для настройки его на выполнение нужной программы и т. д. Таким образом, для ускорения производственного процесса нам теперь уже приходится затрачивать время и на переработку информации.

Представим себе сборочный цех современного автомобильного завода. Конвейерная линия. Четкий ритм работы. Самая передовая технология. Но вся эта хорошо налаженная и организованная работа зависит от точно рассчитанных поставок сырья, правильно спланированной работы транспорта, оптимально составленной производственной программы и многого другого, что непосредственно связано с необходимостью хранения и переработки огромных массивов информации.

Научно-техническая революция привела к быстрому усложнению самого производства и еще в боль-



шей степени к усложнению производственных связей. Промышленность производит теперь массу сложных вещей. Это турбины и станки, самолеты и автомобили, телевизоры и электронные часы. И как показывает практика, центр тяжести на таких современных, крупных и сложных производствах все более переносится с вопроса о совершенствовании чисто производственной технологии на проблему организации планирования и управления. А это уже непосредственно зависит от того, как мы перерабатываем информацию, как мы автоматизировали данный процесс, т. е. от технологии переработки информации.

Наше народное хозяйство благодаря достижениям научно-технического прогресса уже достаточно хорошо вооружено материально-энергетическими технологиями, т. е. производственные технологии базируются на самом современном оборудовании, могучих механизмах, необходимом количестве электроэнергии. Но успех этих технологий все в большей степени за-

висит от уровня автоматизации переработки информации.

Представим себе, например, строительство крупной гидроэлектростанции в Сибири. Успех этой трудной работы зависит от массы факторов. В том числе и от того, не подведут ли с поставками цементные заводы; во время ли будет закончено на заводе изготовление уникальной турбины; как точно по срокам (не позже и не раньше) этот сложный груз будет доставлен за тысячи километров к месту стройки; своевременно ли произведут закупку и доставку нужного импортного оборудования наши внешторговые организации. И так далее. В сотнях организаций страны тысячи людей будут учитывать и рассчитывать, исследовать варианты и планировать, будут перерабатывать колоссальную информацию, чтобы на этом грандиозном строительстве в нужное время на нужном месте оказалось бы все, что требуется.

И еще один пример, но уже связанный с конкретной областью авиации. Мы хорошо знаем о создании в разных странах гигантских пассажирских авиалайнеров. Но многие ли знают, как их создавали? Этап проектирования занимает обычно у конструкторов два — три года. Непосредственное создание самолета на заводе $1^1/_2$—2 года. Процесс летных испытаний — ...5—7 лет! Почему так долго? Да потому, что после одного часового полета результаты наблюдений и показания сотен приборов перерабатываются неделями. Наконец, рассчитано новое полетное задание на два часа. И снова несколько недель на переработку информации.

Итак, из 10 лет, затраченных на создание самолета, лишь $1^1/_2$—2 года связаны непосредственно с производством, с привычной для многих технологией выполнения работ на заводе. Допустим, что благодаря усовершенствованию технологии срок выполнения производственных работ удалось бы сократить вдвое и затратить на это лишь один год. А как быть с остальными восемью — девятью годами, затраченными на совершенно необходимую работу, в основном связанную с переработкой информации? Вывод очевиден — необходимо автоматизировать этот процесс. Кстати, заметим, что сегодня разработано уже немало систем автоматизации процессов испытаний

новых сложных приборов и механизмов. Результаты наблюдений и показания контрольных датчиков передаются для обработки непосредственно в ЭВМ. Это уже безбумажная технология переработки информации.

Таким образом, весь ход развития научно-технической революции показывает, что технология переработки информации становится постепенно, пожалуй, самой «главной» технологией. Широкая автоматизация переработки информации позволит решать такие важнейшие для народного хозяйства вопросы, как экономия материальных ресурсов за счет их более эффективного использования, ускорение внедрения достижений науки и техники в практику, улучшение организации управления на производстве за счет высокого уровня синхронизации и другие. А все это позволит еще более усовершенствовать многие производственные технологии.

Безбумажная переработка информации, автоматизация этого процесса становится «технологией технологий».

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Развитие и широкое внедрение безбумажной технологии переработки информации предусматривает автоматизацию не только многих видов учетной, диспетчерской, плановой и управленческой деятельности человека, но также и автоматизацию процессов научных исследований, экспериментирования и испытаний, автоматизацию проектирования и программирования.

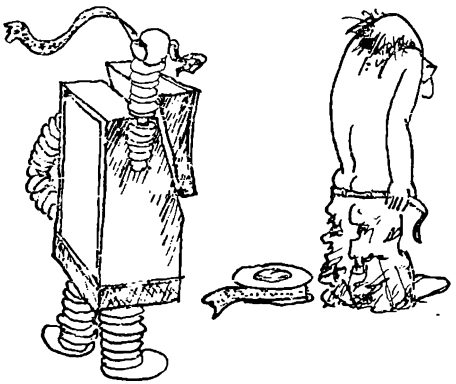
В деле создания ОГАС наряду с организацией в широких масштабах автоматизированного сбора и переработки информации чрезвычайно важным моментом является разработка и внедрение эффективных систем автоматизации проектирования и программирования. В самом деле, от темпов и качества проектирования объектов и механизмов, машин и систем в большой степени зависит успешное осуществление многих важнейших планов и мероприятий в различных отраслях народного хозяйства. Но, как известно, при современном уровне требований к про-

ектированию оно становится делом чрезвычайно сложным и кропотливым. А это неизбежно приводит к увеличению сроков проектирования. Вместе с тем в условиях научно-технической революции сроки выполнения многих сложных задач проектирования (например, проектирование новых ЭВМ и АСУ) должны быть, наоборот, предельно сокращены. Ведь при нынешних темпах внедрения научно-технических новинок затянувшийся по срокам проект может оказаться уже устаревшим, еще не родившись. Поэтому в самых разнообразных видах проектирования специалисты сегодня уже не мыслят свою работу без ЭВМ. Здесь путь к успеху — это сочетание машинных возможностей хранения и переработки информации, мгновенного выполнения больших вычислений с талантом и интуицией проектировщика.

ОГАС должна объединить тысячи автоматизированных систем управления различного уровня и назначения. Многие из них еще предстоит спроектировать и создать. В свою очередь в рамках каждой из АСУ должны с помощью ЭВМ эффективно решаться многие сложные задачи планирования, проектирования и управления. Теперь становится совершенно очевидным, насколько эта работа зависит от темпов подготовки задач для их решения на ЭВМ.

Мы уже указывали в гл. I, что одним из важнейших и наиболее длительных этапов подготовки машинного решения задач является программирование. Оно выполняется человеком на специально созданных для этого языках. Программист должен с помощью специальных математических символов написать целую совокупность команд, понятных машине. Даже средняя по своей сложности программа для обычной задачи планирования и управления может содержать несколько тысяч машинных команд. Язык, понятный машине, очень скуп и лаконичен. Поэтому, стремясь расширять круг задач, решаемых на ЭВМ, специалисты вынуждены для описания новых более сложных задач создавать все более гибкие и удобные языки программирования — языки высокого уровня. Некоторые из них уже не доступны машине, но по определенным правилам могут быть переведены на язык, понятный ей. Для таких переводов создаются специальные программы — трансляторы.

На любом языке программирования важнейшим является качество написанной программы. Все дело в том, что ошибки здесь *абсолютно недопустимы.* Мы хорошо знаем неформальность человеческого общения. Люди все же понимают друг друга, даже если в разговоре или переписке употребляются слова с ошибками или намеки. Более того, определенные отклонения от нормы или стандарта допускаются даже в механизмах или приборах. Однако в процессе общения человека с ЭВМ это совершенно исключено.



Естественно, что когда школьник пишет диктант или сочинение, перед ним ставится реальная задача — не сделать ни одной грамматической ошибки. Но ведь это короткий, логически связанный текст, написанный на привычном языке. И совсем другое дело — машинная программа, состоящая из многих тысяч закодированных команд, написанных с использованием полутора сотен скупых математических символов. Одна такая программа может занять пять ученических тетрадей. И тем не менее в ней не должно быть ни одной ошибки.

Разумеется, что с ходу написать программу для ЭВМ без единой ошибки практически невозможно. Программисты обычно кропотливо исправляют их, т. е. отлаживают программу непосредственно на машине. И здесь многое зависит от квалификации программиста — умения написать первый вариант с минимальным количеством ошибок, а затем быстро устранить их.

Ближе познакомившись с длительностью и трудоемкостью процедуры программирования, можно более четко представить себе, как сложно создать эффективную систему машинного решения целого комплекса задач. Ведь это уже сотни тысяч машинных команд. Именно поэтому для широкого внедрения ЭВМ чрезвычайно острой сделалась проблема совершенствования технологии программирования, автоматизации этого процесса.

Ученые нашей страны активно работают в данном направлении. Так, например, в Институте кибернетики Академии наук УССР создана так называемая *Р*-технология программирования, получившая высокую оценку специалистов. Ее идея состоит в том, что программист вместо того, чтобы привычным способом писать программу, пользуется более удобными и наглядными графическими образами. Он «рисует» программу в виде некоторого простого плоского графа (вспомните граф, использованный нами в рассказе о сетевом планировании). Сначала на дугах графа программист пишет все необходимое в терминах, близких к человеческому языку. Затем уже с помощью ЭВМ такая программа шаг за шагом расписывается в терминах, все более приближающихся к машинному языку. В этой процедуре весьма эффективно используется уже описанный нами в гл. I световой экран — дисплей. Этот процесс можно представить себе как спуск с вершины пирамиды (высокоразвитый человеческий язык) к ее широкому основанию (множество простых и формальных машинных команд).

Такая автоматизация программирования позволяет в несколько десятков раз повысить производительность труда программистов и оказывается весьма эффективной во многих случаях, например, при создании автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Еще большего ускорения темпов программирования удалось достигнуть специалистам в процессе работы по созданию системы автоматизации проектирования новых ЭВМ и их компонент. Например, группе из пятнадцати-двадцати человек удалось создать за несколько лет две колоссальные по своим возможностям программные системы автоматизиро-

ванного проектирования ЭВМ. Одна из них содержит около двух, а другая около полутора миллиона команд. При этом системы продолжают развиваться и пополняться новыми машинными программами.

Как же на основе высокоразвитой технологии программирования осуществляется автоматизация проектирования ЭВМ? Прежде всего заметим, что речь идет о проектировании новых специализированных вычислительных машин. На первом этапе проектирования описывают требования, предъявляемые к проектируемому объекту. Второй этап — подбор и компоновка необходимых блоков в зависимости от тех задач, которые должен уметь решать весь объект. И наконец, набор и размещение элементов внутри каждого блока. При этом в процессе проектирования в режиме диалога человек — машина решается большой круг задач оптимизационного характера.

Понятно, что при современных темпах научно-технического прогресса отдельные элементы и схемы проектируемых ЭВМ достаточно быстро оказываются морально устаревшими. Вот почему разрабатываемые в данном случае системы должны постоянно пополняться новыми программами, позволяющими ЭВМ в процессе проектирования своего будущего собрата оперативно учитывать обновляющиеся научные идеи и технические возможности. Быстрое накопление таких машинных программ происходит именно благодаря автоматизации программирования.

Если же мы теперь попытаемся охарактеризовать в целом современные системы автоматизированного проектирования, то необходимо будет упомянуть четыре важных составляющих момента в этом направлении.

Прежде всего специалисты начали автоматизировать чертежные работы — весьма трудоемкую, рутинную часть многих процессов проектирования. Благодаря активному использованию ЭВМ быстро совершенствовалась технология осуществления инженерных расчетов. Выросли темпы и точность выполнения разнообразных вычислений, связанных с проектированием. Важным моментом явилось создание автоматизированных рабочих мест конструктора. Непосредственная связь с ЭВМ, наличие дисплея — все это позволило более эффективно организовать труд

конструктора, сделать крупный шаг в направлении перехода к безбумажной технологии переработки информации в таком важном деле, как проектирование. И наконец, активное внедрение диалоговых процедур между конструктором и ЭВМ. Это позволило творчески решать многие задачи по оптимальной компоновке элементов проектируемого объекта, оперативно устранять дефекты и слабые места проекта, вести быстрый и направленный поиск наилучших вариантов.

Таким образом, мы можем сделать совершенно очевидный вывод: создание и внедрение разнообразных эффективных систем автоматизации проектирования и программирования — очень важное, практически необходимое условие широкого перехода к безбумажной технологии переработки информации в нашем народном хозяйстве. Это один из самых необходимых компонентов в деле создания ОГАС.

ИНФОРМАЦИЯ С МЕСТ

Успешно выполненные разработки автоматизированных систем проектирования и программирования, наряду с другими исследованиями и разработками, выполненными специалистами-кибернетиками, позволили заложить методологические основы создания ОГАС. В частности, описанные выше системы уже реально базируются на автоматизированных рабочих местах. Само это словосочетание позволяет достаточно четко раскрыть смысл того, о чем идет речь. Действительно, в данном случае работа проектировщика или программиста построена на новых принципах. Специалист имеет непосредственную связь с ЭВМ благодаря использованию дисплея и специальной пишущей машинки. Он может оперативно пользоваться огромной информацией, накопленной в машинной памяти, работать в режиме диалога человек — машина. И весь этот процесс автоматизированного проектирования, по существу, основан на безбумажной технологии переработки информации.

Однако в области экономики переход на подсистемную безбумажную технологию является делом значительно более сложным. Как известно, экономическая информация в больших масштабах рождается

непосредственно на рабочих местах разных уровней (и на рабочих местах исполнителей, и на рабочих местах руководителей). Переход на безбумажную технологию означает, что вся эта информация должна непосредственно, как правило, минуя бумажные документы, поступать в память электронных вычислительных машин. А это в свою очередь открывает возможности для быстрого накопления колоссальных объемов информации, ее оперативной переработки и использования для автоматизированной выработки управленческих решений.

Понятие «безбумажной технологии» не означает буквально, что ни одного бумажного документа не останется. Дело в том, что, во-первых, существуют некоторые неформализуемые документы — различного рода предложения, жалобы, личные письма и т. д., которые пока еще будут оставаться в бумажной форме. Во-вторых, во многих случаях человеку удобнее работать с бумажными документами. Их можно получить с помощью быстродействующего печатающего устройства, извлекая для этого необходимую информацию, отображенную на дисплее или хранящуюся в памяти ЭВМ. Такие устройства позволяют печатать машинную информацию на бумаге со скоростью до одной страницы печатного текста в секунду. Заметим, что полученный таким образом бумажный документ служит вспомогательной копией того, что надежно хранится в памяти машины. Поэтому копия после ее временного использования может быть просто уничтожена.

Как уже отмечалось, ОГАС в перспективе предполагает обеспечить переход на безбумажную технологию управления. Для будущего осуществления этого сложного процесса нужно, чтобы уже сегодня в автоматизированных системах управления всех уровней создавались автоматизированные рабочие места в самых различных звеньях. Они обязательно должны предусматриваться непосредственно при проектировании разнообразных АСУ.

Важность массового создания автоматизированных рабочих мест в низовых звеньях нашего народного хозяйства еще более возрастает потому, что основная масса (по количеству) экономической информации рождается «внизу», на рабочих местах

непосредственных исполнителей. Более важная информация, но в гораздо меньшем количестве, рождается в верхних звеньях системы управления.

Автоматизация документооборота является одним из важнейших принципов, лежащих в основе современных и будущих автоматизированных систем управления. Несоблюдение этого принципа в некоторых системах не позволяет считать их настоящими АСУ. И специалисты совершенно справедливо говорят, что если люди беспрерывно бегают и носят бумажные документы из цехов в вычислительный центр завода, то это еще не АСУ, даже если ВЦ оснащен новейшими электронными вычислительными машинами.

Из чего же состоит безбумажная технология на нижних звеньях?

Первое, как уже отмечалось, это автоматизированные рабочие места для тех исполнителей, которые связаны с необходимостью выдавать некоторую информацию (например, рабочие на станках, нормировщики, технологи и т. д.). Таких автоматизированных рабочих мест должно быть много, а поэтому очень важно добиваться снижения затрат на их оборудование.

Второе условие требует, чтобы эти автоматизированные места не усложняли, а упрощали процессы на данном рабочем месте. Если, например, работник управленческого аппарата, получив новую важную информацию, запишет ее в привычный бумажный документ и, кроме того, с помощью дисплея или пишущей машинки внесет ее в ЭВМ, то в целом это лишь удвоит работу. Такая организация переработки информации приведет к явному увеличению учетной и управленческой работы в первичном звене на производстве.

Далее, необходимо сделать так, чтобы процесс автоматизированного сбора и передачи информации с мест не отвлекал внимание работающего от его непосредственного дела. Например, человек работает на некотором оборудовании (станке) — изготовляет или обрабатывает детали. Автоматизация его рабочего места в данном случае предусматривает наличие специальных датчиков, с помощью которых осуществляется съем информации и ввод ее в ЭВМ по

каналу связи. Это может быть информация о количестве обработанных деталей тех или иных видов, об остановках оборудования (станка), о состоянии управления и т. д. При правильной и четкой организации управления на основе информации, получаемой с мест, можно будет наблюдать следующие интересные ситуации.

Информация, поступающая от станка непосредственно в ЭВМ, например, о количестве обработанных деталей, сразу же перерабатывается в машине. ЭВМ не просто фиксирует результаты работы, а тут же ведет учет — на сколько уменьшилось количество соответствующих заготовок на складе. В определенный момент машина предупредит о необходимости срочного пополнения их запасов. Или, например, информация о неисправностях оборудования на рабочих местах поступает (через ЭВМ) на рабочие места тех, кто отвечает за устранение этих неисправностей.

Безбумажную технологию не следует отождествлять с автоматической связью, потому что такая технология, в принципе, может использовать и почтовую связь, и даже передачу информации через одного из работников — не в этом суть. Главное, чтобы эта информация была машинно-ориентированной, т. е. содержалась на магнитных дисках или лентах и т. д. Но не в виде традиционных бумажных документов.

Автоматическая передача информации с мест прямо в ЭВМ по каналам связи необходима там, где ее задержка на несколько минут или даже секунд может повлиять на качество управления. Это — быстропротекающие производственные процессы, управление энергосистемами и нефтепроводами и т. д. Однако в тех случаях, когда некоторая задержка, скажем, на два часа или даже на сутки при передаче информации с мест в ЭВМ не грозит неприятными последствиями, затраты на прокладку дорогостоящих кабелей связи себя не оправдают.

Наверное немногие могут достаточно хорошо представить себе, какой огромный экономический эффект, какие интересные преимущества в управлении получит наше народное хозяйство благодаря внедрению безбумажной технологии сбора, передачи и обработки в ЭВМ всевозможной экономической

информации с мест. На производстве практически полностью отпадет необходимость в написании каких бы то ни было отчетов, справок, объяснений и т. д. Это окажется ненужным, так как вся необходимая информация, полностью готовая к использованию, будет храниться в памяти машины.

Если сегодня бумажные документы служат средством делового общения, производственных контактов между работниками управленческого аппарата, то в будущем функции связующего звена возьмет на себя ЭВМ.

А главное, огромная по масштабам, ценная и объективная по содержанию, оперативная по времени информация с мест в агрегированном виде в условиях ОГАС сможет быть успешно использована на верхних уровнях управления экономикой.

Интересно отметить и следующее обстоятельство. Безбумажная технология сбора, передачи и обработки информации с мест в ЭВМ открывает широкие возможности оперативно фиксировать в памяти машины все рационализаторские предложения, конструкторские идеи. Их можно по каналам связи быстро передать на рассмотрение в верхнее звено управления. В диалоговом режиме можно на ЭВМ опробовать интересные варианты внедрения этих идей и предложений в практику.

Четкая организация постоянной циркуляции экономической информации снизу вверх и сверху вниз, создание на этой основе ОГАС, несомненно, резко затруднит некоторым нерадивым хозяйственникам возможность округлить цифру в отчете или заранее отрапортовать о мнимом завершении еще фактически не сделанной работы. Что же касается полезной инициативы с мест, то ОГАС не только не заглушит ее, но, наоборот, откроет большие возможности для практической реализации этой инициативы в широких масштабах.

СОЗДАВАТЬ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАССИВЫ!

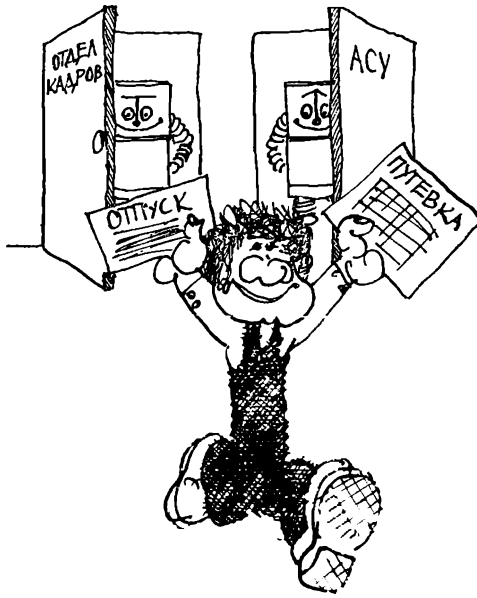
Широкое и эффективное использование ЭВМ для подготовки плановых и управленческих решений возможно лишь на основе ввода в машины

всей необходимой информации. Однако сегодня этот процесс еще остается длительным и трудоемким. Представьте себе, сколько времени займет ввод в ЭВМ всей массы информации о каждом из работников данного предприятия, чтобы машина смогла начислить всем зарплату. При этом непосредственный счет займет минимальное время, которое просто бессмысленно сравнивать со временем, затраченным на создание в памяти ЭВМ необходимого массива информации. Но нужно ли для автоматизации бухгалтерского учета ежемесячно повторять всю эту длительную процедуру? Конечно, нет. На практике поступают иначе. Информацию, требуемую для решения задачи, например, начисления зарплаты, вводят в машину один раз, т. е. образуют в памяти ЭВМ соответствующий информационный массив. Далее, этот массив систематически пополняют новой информацией, сохраняя его постоянную подготовленность к работе.

Качество управления экономическими системами в большой степени зависит от того, насколько используемые ЭВМ насыщены самой разнообразной информацией об объектах управления. Основная масса этой информации, как уже отмечалось, рождается в низовых звеньях производства и управленческого аппарата и с помощью автоматизированных рабочих мест, каналов связи, датчиков передается в ЭВМ. В конце 60-х и начале 70-х годов автоматизированные системы управления в большинстве своем решали разрозненные задачи планирования и управления, используя для этого специально созданные информационные массивы. Теперь же на базе машин третьего поколения открывается возможность перейти от небольших раздробленных информационных массивов к единой информационной базе в рамках АСУ. Вопрос стоит о создании с помощью ЭВМ «информационного портрета объекта».

Следует заметить, что отдельные эксперименты в этом направлении уже были проведены. Но сейчас при проектировании и создании АСУ уровня 80-х годов (т. е. АСУ-80), при развертывании работ в направлении создания ОГАС, задача ставится гораздо шире. Необходимо подготовлять информационные массивы, которые описывают все важное на данном

объекте: состояние оборудования, нормативы, планы всех уровней, финансовое состояние предприятия, состояние кадрового состава и т. д. Все они в определенном виде записываются и постоянно обновляются. Если, например, кто-нибудь из работников получил новое образование или квалификацию, то это немедленно отражается в кадровых массивах и (если положено в данном случае) будет переправлено в бухгалтерский массив для изменения зарплаты данному работнику. Разнообразные задачи, которые решаются в рамках АСУ, берут информацию из этих массивов.



Еще раз подчеркнем, что все это будет по-настоящему эффективным лишь на основе безбумажной технологии обработки информации. Естественно, что повсеместный переход к безбумажной технологии — дело сложное и длительное. Здесь в приказном порядке отменить сразу все бумажные документы невозможно. Да и сделать это в рамках некоторого отдельного предприятия или даже целой отрасли совершенно не реально. Например, формы документов

финансового или материального учета могут быть изменены лишь в общегосударственных масштабах.

В таких случаях можно пойти на компромисс, т. е. сохранить до некоторого времени необходимый бумажный документ, требующийся для первичного учета, и вместе с тем совместить операцию подготовки этого документа с соответствующим вводом информации в ЭВМ.

Итак, выработка необходимых управленческих решений происходит на основе использования информационных массивов. Однако здесь следует избрать правильную тактику и не доводить дело до абсурда. Действительно, обратимся для примера снова к кадровому массиву, содержащему самую подробную информацию о работниках данного предприятия. Решается чисто производственная задача — составление оперативно-календарных планов. Но зачем для этого информация из кадрового массива о том, где живет тот или иной рабочий, сколько ему лет, женат ли он и т. д. Здесь достаточно знать его рабочий номер, производственную квалификацию, да и, пожалуй, стаж работы. Привлекать в данной ситуации весь кадровый массив — абсурдно.

Поэтому, создавая информационный портрет объекта, к большим информационным массивам следует относиться как к эталонам или контрольным приборам, т. е. беречь их, иметь необходимые дубликаты, обращаясь к самим массивам крайне редко, в особых случаях. Что же касается использования накопленной информации для работы, то следует создавать специальные рабочие массивы, которые опять-таки с помощью ЭВМ выберут из основного массива лишь ту информацию, которая требуется в рассматриваемой задаче. При этом, скажем, новые информационные изменения, поступающие с рабочих мест, отразятся и в основном, и в рабочем (усеченном) массиве.

На практике может оказаться, что такой рабочий, усеченный массив нужен очень редко. В этом случае его нецелесообразно постоянно хранить (загружая память машины). В тот момент, когда такой массив потребуется, он с помощью специальных вспомогательных программ тут же образуется из основного массива и будет «жить» в системе лишь ровно столь-

ко времени, сколько решается задача. Это динамические временные массивы.

Разнообразное хозяйство из основных и усеченных информационных массивов как раз и составляет основу безбумажной технологии.

Теперь рассмотрим вопрос о создании информационных массивов на верхнем уровне управления экономикой. Вполне понятно, что чем выше уровень организационного управления в экономической системе, тем более гибкими и нестабильными становятся и организационные формы, и задачи органов управления.

Если мы можем составить подробную очередность работы вычислительного центра завода, более или менее строго зафиксировать перечень обязанностей каждого административного лица на нижних уровнях, то сделать это на верхних уровнях управления очень сложно или просто невозможно. Здесь все больше и больше работы творческой, динамичной. В самом деле, сегодня одним из центральных в работе Госплана страны или республики может, например, оказаться вопрос о развитии деревообрабатывающей промышленности, завтра — о взаимодействии речного и железнодорожного транспорта в некотором экономическом районе, а еще через некоторое время — вопрос о строительстве новых шахт. Естественно, что для рассмотрения каждого из этих вопросов нужна соответствующая информация. Аналогично обстоят дела и на уровне министерств. Таким образом, запасать информацию в органах управления верхнего звена на все случаи жизни нерационально, да и просто невозможно.

Сейчас, когда готовится некоторая информация, например, для министерства, то при этом, конечно, используется соответствующая информация, накопленная в ЭВМ нижнего уровня. Но пока что все это идет в лавине бумаг. Поэтому создание обобщенных информационных массивов на верхнем уровне управления продолжает оставаться делом, требующим затраты времени и больших усилий исполнителей.

Переход к безбумажной технологии сбора и обработки информации позволит коренным образом ускорить и упростить процедуру первичного накопления информационных массивов верхнего уровня

управления. Это будет осуществляться на основе всего комплекса информационных массивов нижнего звена, описанных нами ранее. Естественно, на уровне министерств, Госплана и других руководящих органов управления информация, как правило, требуется в обобщенном (агрегированном) виде. Поэтому при создании информационных массивов в АСУ-80 будет непременно выдвигаться требование о налаживании работы систем сжатия имеющейся подробной информации.

Например, ряд предприятий получил задание от министерства сообщить данные из такого-то массива информации. Необходимо, чтобы уже через несколько часов магнитные ленты или пакеты дисков с соответствующей информацией, спрессованно-агрегированной из имеющейся на каждом предприятии детализированной информации, могли быть переданы в Главный информационно-вычислительный центр (ГИВЦ) министерства по каналам связи или отправлены туда обычным путем. Только при умении быстро и четко проделать такую работу, АСУ нижнего уровня можно считать сделанной хорошо.

Итак, ГИВЦ министерства оперативно собрал всю необходимую первичную информацию от предприятий. Теперь вступает в действие программное обеспечение, которое эти разрозненные массивы сопоставит и сделает единый массив уже по всем предприятиям. Так возникает вторичный информационный массив верхнего уровня. Он может периодически пополняться или учитывать изменения, происходящие на местах.

Используя такую методику составления информационных массивов второго уровня, министерства или Госплан могут буквально за один-два дня собрать у себя в Главном информационно-вычислительном центре всю информацию, необходимую для рассмотрения очередной задачи. Кончили с этой задачей — массивы можно выкинуть. Их не жаль, потому что вся основная информация по-прежнему хранится в массивах нижнего уровня. В случае же необходимости такие информационные массивы верхнего уровня снова можно будет быстро создать, причем на основе уже более свежей информации с мест. Это очень большое преимущество безбумажной технологии.

Отметим и еще одно обстоятельство. Как известно, экономическая информация рождается не только на предприятиях. Ведь на практике приходится решать многие вопросы, связанные и с наличием земельных, водных, лесных ресурсов определенных районов страны, и с учетом изменения численности населения, имеющегося жилищного фонда, состояния дорог и многого другого. Поэтому, создавая ОГАС, следует помнить и о необходимости накопления в территориальных вычислительных центрах соответствующей информации, предназначенной для решения различных социальных задач.

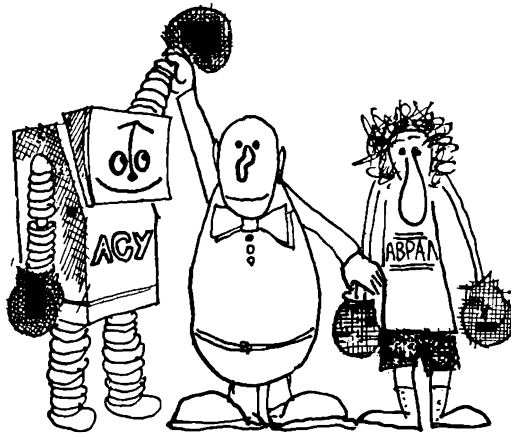
ОГАС — ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ!

ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ АСУ

Очень важная роль в ОГАС принадлежит низовым автоматизированным системам управления. Такие системы позволяют значительно улучшить качество управления, а это, разумеется, ведет к повышению эффективности производства. АСУ нижнего уровня (предприятий, организаций, объединений) являются главными исполнителями в важнейшем для ОГАС деле — сборе, обработке и хранении огромной массы экономической информации с мест.

Внедрить АСУ — это значит, прежде всего, получить возможность управлять по-новому. Это понятие имеет широкий смысл. Сюда входит и освобождение многих работников от титанического рутинного труда по обработке лавины учетно-плановых документов, и лучшая информированность управляющих о состоянии и развитии дел, и эффективное решение целого ряда сложных оптимизационных задач планирования и управления. Но, кроме того, современные АСУ позволяют существенно изменить саму методологию принятия управленческих решений. Здесь открываются возможности в режиме диалога человек — машина анализировать различные ситуации путем их моделирования на ЭВМ. Такой путь позволяет заранее предвидеть возможные результаты тех или иных решений в области планирования, проектирования и управления.

В подавляющем большинстве случаев АСУП помогает навести должный порядок на производстве. И это — один из самых главных ее эффектов. Ведь каждому понятно, что нелепо было бы научно управлять беспорядком. А элементарный порядок достигается тогда, когда с помощью ЭВМ на нижнем уровне



осуществляется переход к планированию всех операций по дням, по часам, а в некоторых случаях — даже по минутам. В таких случаях нет непроизводительной потери рабочего времени. Например, на участке штамповки планируется 10-го числа следующего месяца начать выполнение некоторой операции, причем известно, что срок изготовления в инструментальном цехе необходимого для этой операции штампа — пять с половиной дней. В данном случае элементарный порядок заключается в том, что следует хотя бы за шесть дней (т. е. не позже 4-го числа) сделать в плане соответствующий заказ в инструментальный цех и следить за информацией о том, как идет выполнение этого заказа.

К сожалению, на современном производстве еще не исключены случаи сбоев или авралов. Как реагируют на них руководители? Некоторые сразу же бросаются ликвидировать прорыв, берут на себя новые дополнительные обязанности. Через некоторое время возникает новый «пожар» и снова руководитель вынужден заниматься случайным непредусмотренным делом.

АСУ позволяет многое изменить в подобной практике, так как четко налаженный ритм производства теперь дает возможность руководителю думать о главном — о технической политике, развитии внешних связей предприятия, перспективах производства и т. д.

Создание АСУ требует затраты больших усилий не только специалистов по вычислительной технике, программированию, методам решения оптимизационных задач, но и многих работников управленческого аппарата, плановиков, экономистов, производственников и т. д. Необходимо предварительное изучение объекта для определения того, на основе каких технических средств и какого математического программного обеспечения целесообразно в данном случае разрабатывать АСУ. Создание хорошей системы требует длительной работы большого коллектива. Достаточно сказать, что программное «хозяйство» ЭВМ в такой системе должно иметь многие сотни тысяч машинных команд. При этом, чем выше уровень, на котором создается АСУ, тем сложнее решаемые задачи. Но и эффект от внедрения более масштабных АСУ значительно выше.

На базе ЭВМ третьего поколения в IX и X пятилетках специалисты начали создавать автоматизированные системы управления целыми производственными объединениями и даже отраслями народного хозяйства. И в этом направлении уже имеются реально ощутимые результаты. Очень важный момент здесь — обеспечить рост качественных возможностей новых автоматизированных систем. Работа в условиях АСУ 80-х годов будет существенно отличаться от практики 70-х годов. В самом деле, в АСУ-70 уже был достигнут определенный эффект: повысились информированность аппарата управления, объективность учета и планирования, упорядоченность производственного процесса; стал более систематическим и строгим контроль за ходом выполнения плана; повысилась культура управления. Но тем не менее эти системы смогли обеспечить лишь частичную автоматизацию обработки данных, позволили эффективно решать лишь ограниченное число оптимизационных задач.

Характерным для АСУ-80 будет автоматизация процессов и функций, непосредственно выполняемых каждым работником аппарата управления. Создание автоматизированных рабочих мест позволит наладить связь с ЭВМ, даст возможность всем, кому это необходимо, вести диалог с машиной. Вырастет роль моделирования как основы для подготовки, анализа и

принятия решений. В рамках АСУ будет создана широкая сеть информационно-диспетчерских пунктов.

Эти и ряд других факторов позволят на основе АСУ-80 достигнуть значительно большей эффективности, чем на базе АСУ-70.

Многие важные принципы современных автоматизированных систем управления, несомненно, сохранятся и у будущих АСУ-80. Знать и учитывать эти принципы необходимо каждому, кто работает или будет работать в условиях АСУ.

Основополагающим принципом создания АСУ является, как известно, принцип автоматизации документооборота. В противном случае это будет уже не автоматизированная система, а лишь использование ЭВМ для целей управления. Суть этого принципа уже частично обсуждалась нами. Но мы еще раз проиллюстрируем его на одном простом примере. Как известно, документы с информацией о ходе выполнения планового задания традиционно передавались из цеха в планово-диспетчерский отдел. Здесь полученная информация обобщалась в сводку. Такая процедура является типичным примером делового общения между людьми. Однако в условиях АСУ-80 ситуация будет совершенно иной. Теперь всевозможные учетные данные через автоматизированные рабочие места будут передаваться непосредственно в ЭВМ, которая переработает их и уже сама подготовит сводку для планово-диспетчерского отдела.

В условиях функционирования АСУ не следует, однако, просто перекладывать на ЭВМ традиционно сложившуюся методику управления. Решать, например, задачи планирования старыми грубыми методами, но использовать мощные ЭВМ явно нецелесообразно. Из этих соображений вытекает еще один важнейший принцип создания АСУ — принцип новых задач. Он заключается в том, что, во-первых, требует решения на основе экономико-математических методов и ЭВМ тех задач управления, которые ранее не решались из-за их сложности и многовариантности. Это в основном — оптимизационные задачи, уже частично описанные в гл. IV.

Во-вторых, принцип новых задач требует пересмотра и существенного улучшения методов решения

традиционных задач, которые ранее решались грубыми и примитивными методами только потому, что последние были проще и доступнее для практического использования. Специалисты знали и более точные методы решения таких задач, но эти методы весьма трудоемки, требуют огромного количества вычислений и поэтому были нереальны для применения их в старой системе управления. Создание АСУ (с учетом принципа новых задач) открывает возможности решения таких задач сложными, но более эффективными методами.

Если использование принципа автоматизации документооборота приводит к повышению организованности в системе управления, то реализация принципа новых задач в АСУ сразу дает ощутимый экономический эффект.

При разработке автоматизированных систем управления необходимо учитывать еще ряд важных принципов. Вот некоторые из них: принцип системного подхода, принцип максимальной типизации системы, принцип непрерывного развития.

Первый из них требует, чтобы АСУ охватывала весь объект и всю систему управления, чтобы в рамках системы анализировались и решались все вопросы — и технологические, и экономические, и организационные. Что касается второго из перечисленных принципов, то уже само название достаточно четко раскрывает его смысл. Ведь, как известно, типизация при проектировании резко сокращает сроки и стоимость выполнения работ.

Смысл третьего принципа также достаточно ясен из его названия. АСУ должна постоянно развиваться, учитывая все новое, что происходит как в соответствующих областях научно-технического прогресса, так и на самом объекте управления. Возможность ее постоянного развития должна быть заложена в самой системе.

Итак, мы можем сделать некоторые выводы и ответить на вопрос: как нужно создавать АСУ, как работать в условиях АСУ?

Необходимо прежде всего подготовить объект управления к созданию на нем АСУ. Проектировать систему по принципам максимальной типизации и комплексного (системного) подхода к объекту упра-

вления. Необходимо создавать автоматизированные рабочие места, налаживать каналы связи их с ЭВМ. Создавать информационные массивы и банк данных (на основе принципа единой информационной базы АСУ). Автоматизировать документооборот и переходить к безбумажной технологии переработки информации. Налаживать внутренние и внешние связи, добиваться высокого уровня синхронизации. На основе экономико-математических методов и ЭВМ решать новые оптимизационные задачи планирования и управления. Активно использовать диалоговый режим работы человек — машина, особенно в области моделирования на ЭВМ. Необходимо организовать работу так, чтобы все процессы, связанные с АСУ, выполнялись под непосредственным руководством первого руководителя данного предприятия (принцип первого руководителя). Постоянно уделять внимание непрерывному развитию системы.

Разработка и эксплуатация автоматизированных систем управления на основе принципов, перечисленных выше, позволит значительно повысить эффективность производства и качество управления им. Именно такие АСУ будут постепенно объединяться в Общегосударственную систему — ОГАС.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СВЯЗИ

В современной экономике, как никогда ранее, важная роль принадлежит вопросу упорядочения внутренних и внешних связей. При этом, как показывает практика, на уровне предприятий особенно остро сегодня ощущается необходимость в развитии и налаживании именно внешних связей. Например, по мнению специалистов на обычном машиностроительном предприятии лишь 10—20% потенциально возможного эффекта можно получить за счет его внутренних ресурсов, а 80—90% — за счет упорядочения внешних связей.

От наличия и четкости функционирования связей между различными предприятиями, производственными объединениями, между поставщиками и потребителями, между выше- и нижестоящими органами и аппаратами управления в большой степени зависит эффективность всего нашего народного хозяйства.

Здесь следует правильно различать вертикальные и горизонтальные связи. Вертикальная цепочка связей соответствует установленному порядку подчиненности в структуре управления народным хозяйством: предприятие — объединение — министерство — Госплан — Совет Министров. Горизонтальные связи устанавливаются между различными предприятиями, учреждениями, организациями, системами, относящимися к разным министерствам и ведомствам, т. е. находящимися в различных цепочках вертикальных связей.

Вертикальные и горизонтальные связи между автоматизированными системами управления и вычислительными центрами в определенном смысле являются важнейшими элементами ОГАС.

Необходимость и тех и других связей совершенно очевидна. Вертикальные связи позволяют улучшить взаимодействие нижних и верхних звеньев в системе управления. Если, например, «отрезать верх от низа»

и использовать только такие данные, как обобщенные показатели, статистику по прошедшему периоду времени и т. д., то, разумеется, нельзя рассчитывать на качественное и гибкое планирование. Успех здесь возможен только на основе информационного обмена между аппаратами управления верхнего уровня и нижнего звена, где постоянно появляется свежая экономическая информация, в том числе и информа-

ция о новых научно-технических идеях. Она возникает на рабочих местах конструкторов, передовых рабочих, которые вносят рационализаторские предложения, технологов и многих других.

В то же время по-настоящему оценить вклад каждого предприятия, правильно распределить усилия всех предприятий и экономических ячеек можно только с верхнего уровня системы управления. Здесь же, на верхнем уровне, где лучше знают общую обстановку и перспективные планы, специалисты могут правильнее оценить реальность внедрения предложенной снизу научной или рационализаторской идеи.

Наличие и действенность горизонтальных связей в значительной степени определяет уровень синхронизации в народном хозяйстве. В гл. III мы уже говорили о важности и эффективности точного согласования во времени работы поставщиков и потребителей. Решение задач синхронизации представляет особую сложность, так как они являются ярко выраженными задачами межведомственного характера. Приведенные ранее примеры о задержке при перевозке груза из-за несогласованности во времени действий морского, железнодорожного и автомобильного транспорта, о возникновении мнимого, а впоследствии и истинного, дефицита металла по причине грубого поквартального планирования поставок сырья убедительно продемонстрировали, к чему приводят межведомственные барьеры в деле планирования и управления. Путь к решению этой проблемы — упорядочение и автоматизация горизонтальных связей.

Остановимся подробнее на вопросе об автоматизации вертикальных и горизонтальных связей. Речь здесь в первую очередь идет о стыковке работы различных ЭВМ, ВЦ и АСУ, об автоматизированной передаче необходимой информации. Этот процесс может осуществляться либо по каналам связи, либо путем прямой транспортировки машинных носителей информации. Но главное — на основе безбумажной технологии.

С вертикальными связями дела обстоят проще, чем с горизонтальными. Это объясняется тем, что для упорядочения вертикальных связей не требуется никаких новых организационных решений. Все соответствует структуре подчиненности: например,

Госплан имеет полное право потребовать необходимую информацию у министерства, а министерство — у своих предприятий и они обязаны эту информацию представлять.

В период подготовки важных плановых и управленческих решений информация непрерывно циркулирует по всей вертикальной цепочке: сверху вниз и снизу вверх, причем для эффективного решения поставленных задач в условиях ОГАС требуется совместная работа АСУ и ВЦ различных уровней управления. А это в свою очередь — сложная техническая задача. Возникает она потому, что каждый из низовых вычислительных центров имеет ведь свои собственные задачи, в том числе и такие, решение которых не может быть отложено. Если же министерство будет слишком часто и в неудобное для низового ВЦ время запрашивать необходимую ему в срочном порядке информацию, то может произойти срыв решения какой-либо оперативной для производства задачи, возникнет информационный конфликт. Чтобы преодолеть эти трудности и автоматизировать вертикальные связи, необходимо организовать диспетчеризацию работы вычислительных центров по вертикали. Но это не под силу одному или нескольким работникам диспетчерской службы. Дело в том, что работу многих ЭВМ здесь надо согласовать с точностью до секунд. А это может сделать только машина. Поэтому один из ВЦ должен взять на себя функции управления взаимодействием всех ВЦ, выполняющих совместную работу по заданию, поступившему из верхнего звена системы управления. Иными словами, система диспетчеризации работы вычислительных центров должна быть также автоматизированной.

Для эффективного выполнения своих функций ВЦ-диспетчер должен оперативно получать всю необходимую информацию со всех ВЦ о планах загрузки их мощностей, должен иметь специальный каталог с описанием информационных массивов и математического программного обеспечения всех ВЦ, работой которых он руководит.

Несмотря на большие технические трудности, организация описанного выше упорядочения вертикальных связей вполне осуществима в ближайшее

время. А вот с автоматизацией горизонтальных связей дел обстоит сложнее. Здесь требуется четкое взаимодействие АСУ и ВЦ различных ведомств.

Как возникают причины, вызывающие острую необходимость упорядочения горизонтальных связей? Вот, например, одна из них. Как известно, в каждое министерство информация поступает в агрегированном виде, а в Госплан — в еще более обобщенном. На верхнем уровне планирования и управления все балансы могут быть блестяще увязаны: и по электроэнергии, и по топливу, и по металлу, и по стройматериалам, и по продовольствию, и т. д. Все может быть отлично сбалансировано и во времени — по годам, по кварталам. Однако на конкретном производственном участке в нужный момент может не оказаться требуемого сырья, а окажется другое, ожидаемое в следующем месяце. Здесь нередким событием является возникновение мнимого дефицита (того самого, о котором уже шла речь в гл. III).

Как же решить указанные проблемы? Ведь ясно, что поднять на уровень Госплана значительно более детализированную номенклатуру невозможно. Сегодня, как уже отмечалось, в этой специализированной номенклатуре много миллионов наименований. Такую детализацию планирования не выдержат никакие модели и никакие ЭВМ. Значит, такую детализацию и по специфицированной номенклатуре изделий и материалов, и по времени следует делать на нижнем уровне — между предприятиями и организациями разных министерств. Необходимо организовать прямые потоки информации по горизонтали, разумеется, после того как в высшем звене будет сведён план по обобщенным показателям.

Для решения этой грандиозной задачи необходимо организовать диспетчерскую службу в общегосударственных масштабах. В ее обязанности в первую очередь должна входить организация эффективного взаимодействия любых ВЦ, занятых обработкой экономической информации, независимо от их ведомственной принадлежности. Осуществление этого возможно лишь при создании Государственной сети вычислительных центров.

Вполне понятно, что работа такой диспетчерской службы должна быть четко регламентирована.

Нужно, чтобы составлялось расписание работы отдельных ВЦ, причем приоритет в этом расписании должен даваться задачам управления самими предприятиями. Нужно сделать так, чтобы вычислительные машины имели определенный резерв времени, например, один час в сутки. И диспетчерская служба должна знать этот час. Должно быть также известно состояние оборудования, чтобы задания соответствовали техническим возможностям запрашиваемого ВЦ. Одним словом, сначала нужно наладить свою информацию об информации.

Государственная сеть вычислительных центров (ГСВЦ), общегосударственная диспетчерская служба, обеспечивающие решение межведомственных задач различного уровня (в рамках ГСВЦ), как раз и составят основу общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки экономической информации для учета, планирования и управления.

Отметим, что для обеспечения эффективной работы такой межведомственной диспетчерской службы нужно обязать все вычислительные центры выполнять запросы и команды общегосударственного диспетчера экономической информации. И если какое-то предприятие-поставщик не удовлетворяет по линии прямых горизонтальных связей в определенное время запросы потребителя, то ОГАС не вправе заставить его это сделать. Но зато ОГАС дает возможность через свою главную диспетчерскую службу затребовать от ВЦ этого предприятия информацию о наличии готовых изделий, заставить ЭВМ рассчитать наилучший вариант удовлетворения запроса потребителя. А окончательное решение по рассматриваемому вопросу (на основании полученной информации) уже будут принимать люди, наделенные для этого соответствующей административной властью.

Вот как следует понимать сделанное нами во введении к данной книге замечание о том, что ОГАС не командует экономикой, а лишь командует потоками информации о состоянии экономики.

ПЛАН ЖИВЕТ И РАЗВИВАЕТСЯ

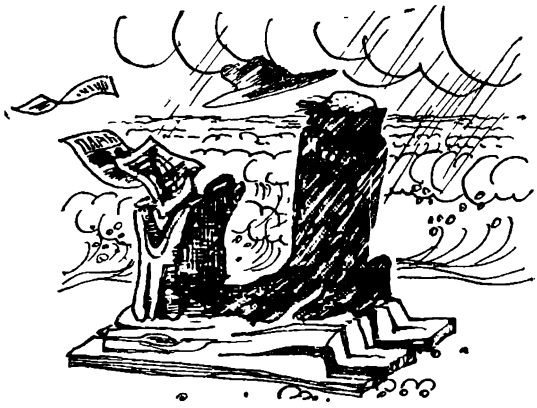
Наверное, трудно найти человека, который бы всерьез отрицал важность процесса планирования. Хороший план — основа успеха. Но как труд-

но бывает порой составить его. Чем сложнее и масштабнее работа, тем большее количество факторов и условий надо учесть, рассчитать, чтобы получить хороший план для выполнения этой работы. Допустим, хороший план составлен, все предусмотрено, рассчитано и взаимосвязано на месяц или даже на год вперед. Но жизнь сложна и многообразна, она постоянно вносит свои коррективы. Так появляется сбой в плане. И самое неприятное то, что один сбой, как правило, влечет за собой другой, третий и т. д. Далеко не всегда на производстве, на транспорте, даже в учебном процессе удается после некоторого сбоя быстро и безболезненно войти снова в рамки плана, в график или в расписание.

Естественно, что на разных уровнях системы управления в народном хозяйстве планы составляются по-разному. В Госплане и на уровне министерств обычно планируют по обобщенным показателям на годичные или квартальные интервалы времени. Непосредственно на производствах уже есть возможность детализировать этот вопрос — планировать не по обобщенным, а по специфицированным наименованиям изделий, рассчитывать по дням и часам, учитывать характер производства в целом и специфику отдельных его участков и т. д. В нашей стране много делается для улучшения планирования, а следовательно, и для повышения эффективности производства. Принятое в июле 1979 г. важнейшее Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР предусматривает целый комплекс общегосударственных мероприятий в этой области.

Большая роль в деле совершенствования планирования в народном хозяйстве принадлежит автоматизированным системам управления. Достаточно сказать, что хорошо функционирующая АСУП позволяет перейти на производстве к планированию всех операций по часам и даже по минутам, открывает возможности рассчитывать плановые задания не только для цехов и бригад, а доводить их до каждого рабочего места. И если к этому добавить упорядочение вертикальных и горизонтальных связей, о котором шла речь выше, т е. предположить высокую степень синхронизации работы поставщиков и потребителей, то здесь открываются хорошие перспективы.

Но представим себе следующую ситуацию. Некоторое высокоорганизованное передовое предприятие, например, судостроительный завод, выполняет большую и важную работу — строит уникальный танкер. План всех работ на год вперед составлен прекрасно. Сроки поставки сырья, оборудования, материалов, комплектующих изделий согласованы с заводами-поставщиками с точностью до двух-трех часов. И вдруг, непредвиденный сбой в плане. Из-за длительного шторма на море судно со срочным грузом для этого завода прибыло с опозданием на трое суток. Причина, конечно, объективная, но ведь от этого не легче. График выполнения некоторых работ



и согласованность во времени с другими поставщиками нарушены. Какой же вывод из создавшегося положения? Необходима быстрая и точная корректировка плана. А сделать это непросто. Необходимо рассчитать большое количество вариантов, ведь такая корректировка коснется многих производственных участков на данном заводе, затронет десятки организаций-поставщиков, повлияет на работу обеспечивающего транспорта.

Потребность в корректировке планов возникает не только в случае сбоев по объективным или необъективным причинам. Эта сложная процедура желательна и в ряде других случаев. Например, в результате успеха оригинальной научно-технической разработки специалисты обещают (и это строго рассчитано)

большой экономический эффект при ее внедрении. Но это связано с необходимостью изменить технологию производственного процесса. Хорошо, если предприятие в состоянии самостоятельно освоить и внедрить полезное новшество. А если для этого требуется незапланированное ему сырье или оборудование? Да еще дефицитное. Оно строго распределено на целый год вперед по другим предприятиям, также нуждающимся в нем.

Любопытная получается ситуация. Есть оригинальная высокоэффективная научно-техническая разработка. Она отвечает коренным интересам данного и целой группы родственных предприятий. Одобрена специалистами всех вышестоящих управленческих инстанций. А оперативно внедрить ее не так то просто! Необходима корректировка плана уже в больших масштабах, затрагивающих не только отдельные предприятия, но и различные отрасли народного хозяйства.

Можно было бы продолжить перечень подобных примеров. Вывод здесь напрашивается сам собой — необходимо, чтобы планирование было гибким, динамичным. Реально ли это в крупных масштабах? Несомненно, реально.

Специалисты-кибернетики уже сегодня могут быстро проводить корректировку планов даже в масштабах сразу нескольких отраслей народного хозяйства. Это осуществляется на основе диалога человека с ЭВМ. Кстати, разработанная учеными Института кибернетики АН УССР система так и называется — ДИСПЛАН (диалоговая система планирования). Попробуем в нескольких словах проиллюстрировать возможности этой системы.

В память машины заносится таблица распределения по отраслям народного хозяйства различных продуктов — электроэнергии, угля, тех или иных видов металлов и т. д. Вводятся в ЭВМ и все необходимые нормативные показатели. Человек ставит задачу машине: нужно выкроить оптимальным образом такое-то количество некоторого полностью распределенного по отраслям продукта. Начинается диалог. Человек задает машине направление поиска, корректирует ее действия. ЭВМ мгновенно выполняет такой объем плановых расчетов, который традиционными

методами десять плановиков смогли бы сделать лишь за несколько лет. Через несколько минут совместными усилиями человека и машины найден оптимальный вариант изменения таблицы распределения ресурсов по отраслям.

Большие работы уже активно ведутся в нашей стране по созданию автоматизированной системы плановых расчетов — АСПР — для Госплана СССР и Госпланов союзных республик.

Но это лишь первые шаги перехода к настоящему динамическому планированию, которое станет возможным в условиях функционирования ОГАС. Вспомните те интересные перспективы совершенствования планирования и управления, о которых уже шла речь в данной книге. Автоматизация сбора и обработки экономической информации; создание информационных массивов, где в памяти ЭВМ хранится самая детализированная информация об имеющемся на предприятии оборудовании, наличии сырья, технологии, производственном плане и т. д. Появление сети вычислительных центров и автоматизированных систем управления, где накоплено богатое математическое программное обеспечение для решения на ЭВМ различных оптимизационных задач, упорядочение вертикальных и горизонтальных связей в народном хозяйстве, появление ВЦ-диспетчера в Государственной сети вычислительных центров и т. д. И наконец широкие возможности моделирования на ЭВМ путем диалога человек — машина.

Динамический план все время живет и развивается. Для него уже не будет служить препятствием, что в этом месяце идет составление плана. План составляется все время и все время пересчитывается с сохранением его общей целостности и синхронизации всех его участков. Но для этого нужно разработать такие методы пересчета плана, которые позволяют делать корректировку его намного быстрее, чем осуществляется составление первоначального плана.

Читая эти строки, вы, наверное, пытаетесь представить себе, какой огромный объем информационной и вычислительной работы необходимо постоянно, ежечасно выполнять на самых разных участках системы управления народным хозяйством, чтобы такое динамическое планирование реально осуществлялось.

Это возможно лишь на основе безбумажной технологии. Каждый план должен находиться в памяти ЭВМ в виде динамического информационного массива.

Но и это еще не все. Естественным продолжением описанного выше станет непрерывное сквозное планирование. Что это значит? То, что планы не составляются каждый год заново, а в результате, например, ежемесячной корректировки систематически пролонгируются (продлеваются) каждый раз еще на месяц. Таким образом, в любой момент предприятие, объединение, отрасль имеют строго рассчитанный и достаточно подробный план на год вперед. Это фактический план, который находится в памяти машины. Его не следует путать с юридическим планом, который по традиции может оставаться прежним — до конца текущего года и текущей пятилетки. При этом наряду с годичными и пятилетними планами каждое предприятие, объединение, отрасль будут иметь в агрегированном виде (но также в памяти ЭВМ) план развития на 10—15 лет вперед.

От таких перспектив дух захватывает, и не только у плановиков. Но все это вполне реально в недалеком будущем.

Когда будет создана ОГАС и когда эта система наполнится всей массой информации о состоянии экономики, о трудовых и производственных ресурсах, тогда принципиально изменится вся практика планирования. Осуществится переход от статичных к динамичным планам.

ФУНКЦИИ ОГАС

Это единственный раздел, в названии которого непосредственно фигурирует главное слово нашей книги — ОГАС. А до него было 26 разделов, в названии которых этого слова не было. И тем не менее, согласитесь, наш дорогой читатель, что мы, по сути дела, уже ответили на вопрос: Что такое ОГАС?

ОГАС — это удивительные по своим возможностям электронно-вычислительные машины, мини-компьютеры, выносные терминалы, дисплеи. Это разбушевавшиеся потоки экономической информации,

обузданные человеком с помощью ЭВМ и спрессованные в информационные массивы.

ОГАС — это множество разнообразных оптимизационных задач современной экономики и десятки оригинальных экономико-математических методов. Это тысячи низовых автоматизированных систем управления предприятиями, построенных на основе ряда важных принципов.

ОГАС — это повсеместный переход к безбумажной технологии переработки информации. Это автоматизированные рабочие места и четко организованные потоки информации с них.

ОГАС — это высокий уровень синхронизации в народном хозяйстве на основе упорядочения вертикальных и горизонтальных связей. Это переход к гибкому динамическому планированию во всех звеньях системы управления.

И, наконец, самое главное. ОГАС — это Государственная сеть вычислительных центров с четко организованной диспетчеризацией их работы. Это автоматизация сбора и обработки информации.

Конечно, все сказанное выше не следует понимать в буквальном смысле. И мы надеемся, что читатели поняли это. Воспользовавшись эмоциональным приемом, мы лишь хотели подчеркнуть все то многообразие задач современной кибернетики, электроники и экономики, решение которых приближает нас к

такому выдающемуся научно-техническому, экономическому и социальному событию, как построение в нашей стране ОГАС.

И тем не менее, ОГАС имеет ряд конкретных функций, с которыми нам кажется целесообразным познакомить читателей этой книги.

Первой мы, пожалуй, назовем справочную функцию ОГАС. По сути дела,— это обеспечение работников управления всеми необходимыми данными для их успешной деятельности. А поскольку именно человек всегда будет главным звеном в системе принятия решений и ему всегда нужна будет справочная информация, то эта функция ОГАС еще долго будет иметь важнейшее значение.

Вторая функция — отображающая. Иными словами, ОГАС должна отображать в памяти ЭВМ все, что происходит в области производственно-хозяйственной и социальной жизни. На основе безбумажной технологии должна происходить обязательная фиксация в машинной памяти результатов каждого хозяйственного акта, производственной операции, социального мероприятия — идеальный учет.

Наверное читатели согласятся с нами, что здесь нельзя обойти молчанием и то, как существенно повлияет ОГАС на техническое перевооружение всех работников системы управления. Вспомните — автоматизированные рабочие места, пульт связи с ЭВМ, возможность вести диалог с машиной. Машина освобождает работников управления от рутинной работы и вооружает их новыми возможностями для эффективной творческой работы. И организатор всего этого — ОГАС. Специалисты назвали эту функцию Общегосударственной системы — организующей.

Большое значение имеет и моделирующая функция ОГАС. Мы ведь уже говорили о широте применений и эффективности моделирования на ЭВМ. Это открывает возможности корректировки плановых заданий, проверки новых идей и предложений, прогнозирования результатов того или иного управленческого решения и т. д.

Базируясь на Государственной сети вычислительных центров и на автоматизированных системах управления предприятиями, ОГАС представляет собой самую настоящую индустрию по добыче.

переработке и потреблению информации. Все мы сейчас являемся свидетелями того, как в результате проникновения достижений научно-технической революции в область планирования и управления возникает и укрепляется новая отрасль — информационное производство.

Высокий уровень организации этой отрасли позволит ей стремительно развиваться. А это в свою очередь существенно повлияет на развитие других отраслей и всего народного хозяйства нашей страны.

Но важнейшая функция ОГАС — гораздо более существенная, чем чисто информационная. Это полная взаимоувязка детализированных планов, хранящихся в вычислительных центрах низовых уровней, координация взаимодействия АСУ всех уровней, диспетчеризация по линии вертикальных и горизонтальных связей. Это анализ и в некотором смысле слова контроль производственно-хозяйственной деятельности отдельных звеньев и всего народного хозяйства в целом.

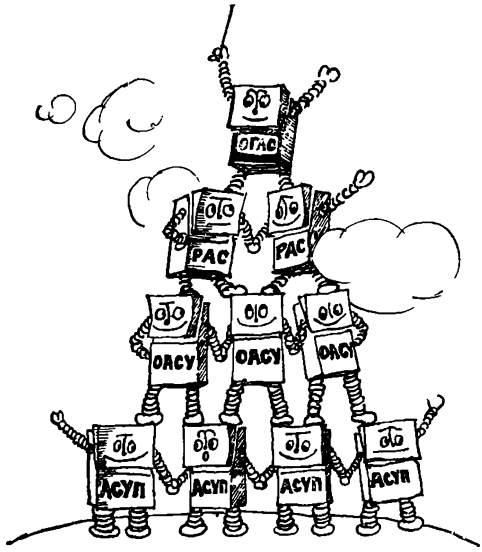
Вот с какой могучей и удивительной системой авторы книги хотели познакомить молодежь, увлекающуюся точными науками. Мы верим, что планы создания в стране ОГАС не могут оставить равнодушными никого, кто хотя бы немного узнал о тех грандиозных перспективах, которые открывает ОГАС перед нашим народным хозяйством и перед каждым из нас. Но чтобы все описанное в этой книге сделать реальностью, нужно много и настойчиво работать. И здесь особенно нужны десятки тысяч светлых умов и молодых горячих сердец.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, наш разговор о применении ЭВМ в экономике и о проблемах создания ОГАС подходит к концу. Мы надеемся, что наши юные читатели теперь лучше поняли глубокий смысл и огромное значение слов, записанных в Постановлении XXV Съезда КПСС «Основные направления развития народного хозяйства СССР на 1976—1980 годы»: «Обеспечить дальнейшее развитие и повышение эффективности автоматизированных систем управления и вычислительных центров, последовательно объединяя их в Единую Общегосударственную систему сбора и обработки информации для учета, планирования и управления».

Действительно, качество работы и эффективность низовых автоматизированных систем управления и вычислительных центров, непосредственно связанных с самим производством, упорядоченность взаимосвязей между ними — вот то, что в значительной степени определит судьбу Общегосударственной системы.

Сегодня ОГАС представляется нам в виде гигантской пирамиды, в основании которой находятся тысячи АСУПов. И как во всякой пирамиде, если основной объем работы при ее создании приходится на сооружение нижней части, то основной эффект от нее достигается, когда взбираешься на вершину пирамиды. Так и здесь: ОГАС — это 95% работы «внизу», а только 5% «наверху». А вот с эффектом дело обстоит наоборот: чем выше уровень автоматизированной системы, тем больший экономический эффект дает она народному хозяйству. Если, например, средняя АСУП позволяет повысить эффективность производства на 10—15%, то АСУ в масштабе отрасли может дать уже 50—60%, а от ОГАС можно ожидать повышение эффективности производства на целых 100%.



Вы, наверное, уже хорошо представляете себе трудоемкость, длительность и масштабность всех работ и мероприятий, которые надо осуществить в стране в процессе создания ОГАС. Причем все запланированные АСУ и ВЦ, системы связей между ними, необходимо создавать параллельно, а главное, все они должны быть высокого качества.

Здесь очень важно помнить, что только заводской цех, или в крайнем случае целое предприятие можно временно закрыть для проведения там реконструкции. Однако остановить экономику даже на очень короткое время нельзя. Усовершенствование системы управления надо проводить по «ходу дела». И это обстоятельство еще более усложняет выполнение всех работ по созданию ОГАС.

И еще на одну немаловажную деталь мы хотим обратить внимание молодежи. Как известно, экспериментирование — распространенный и эффективный метод научно-технических исследований. Много и интересно экспериментируют физики и химики, архитекторы и медики, создатели новых станков и автомобилей. И даже в такой обычной житейской ситуации, как, например, расстановка новой мебели в квартире мы привыкли смело экспериментировать,

Однако в экономике крупномасштабные и длительные эксперименты недопустимы. Это может обернуться весьма нежелательными последствиями, которые даже нельзя сравнить с последствиями создания, например, неудачного по конструкции прибора или механизма. Выйти из возникающего таким образом сложного положения позволяет нам возможность моделирования человеком самых различных экономических экспериментов на ЭВМ. Именно человеко-машинным системам принадлежит будущее в деле планирования и управления, а также во многих других сферах творческой деятельности человека. Это следует иметь в виду нашей молодежи, начинающей знакомиться с идеями кибернетики и электронно-вычислительными машинами.

Авторы понимают, что, возможно, не все в этой книге изложено в стиле легкого повествования. Некоторые разделы написаны более строго и серьезно. Но уж слишком серьезны и актуальны проблемы, затронутые в книге. А главное, эти проблемы касаются абсолютно всех. И мы очень надеемся, что данная книга позволит нашим юным читателям открыть для себя новые горизонты подобно тому, как новые большие перспективы открывает для нашей экономики создание ОГАС — Общегосударственной автоматизированной системы сбора и обработки информации для учета, планирования и управления народным хозяйством.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА *)

1. *Авдеев Ю., Смирнов-Черкезов А.* Усилители интеллекта. — Новосибирск: Западно-Сибирское изд-во, 1972 (Наука — производству).

2. *Барсов А.* Что такое линейное программирование? — М.: Физматгиз, 1959. (Популярные лекции по математике, вып. 33.)

3. *Бусленко Н. П., Бусленко В. Н.* Беседы о поколениях ЭВМ. — М.: Молодая гвардия, 1977.

4*. *Вентцель Е. С.* Элементы динамического программирования. — М.: Наука, 1964.

5. *Винер Н.* Я — математик. — М.: Наука, 1964.

6. *Воропаев В., Рейтман М.* В мире строительной кибернетики. — М.: Стройиздат, 1975.

7. *Гасс С.* Путешествие в страну линейного программирования. — М.: Мир, 1973.

8. *Глушков В. М.* Что такое кибернетика? — М.: Педагогика, 1975.

9*. *Глушков В. М.* Введение в кибернетику. — М.: Наука, 1975.

10*. *Глушков В. М.* Введение в АСУ. — Киев, Техніка, 1972.

11. *Глушков В. М.* О компьютерах в жизни и науке. — В кн.: Академики рассказывают. — М.: Молодая гвардия, 1977.

12. *Глушков В. М., Добров Г. М., Терещенко В. И.* Беседы об управлении. — М.: Наука, 1974.

13* *Глушков В. М.* Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. — М.: Статистика, 1975.

14. *Дадаян В. С.* Математика в экономике. — М.: Наука, 1965.

15. *Деге В.* ЭВМ думает, считает, управляет. — М.: Мир, 1974.

16. *Ершов А., Звенигородский Г.* Зачем надо уметь программировать? — Квант, 1979, № 9.

17*. *Ефимов А. Н.* Информация: ценность, старение, рассеяние. — М.: Знание, 1978. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Математика, кибернетика, вып. 5.)

18. Если дружить с экономикой... — М.: Знание, 1964.

19. *Иванов С. М.* За гранью третьего поколения. — М.: Детская литература, 1974.

20. *Касаткин В. Н., Верлань А. Ф.* Секреты кибернетики. — Киев: Радянська школа, 1971.

21. *Кобринский А. Е.* Числа управляют станками. — М.: Наука, 1967. (Научно-популярная серия.)

*) Звездочкой отмечены книги, для чтения которых требуются некоторые знания, выходящие за рамки школьной программы.

22*. *Кофман А., Фор Р.* Займемся исследованием операций. — М.: Мир, 1966.

23. *Кринецкий И. И.* Автомат принимает решение... — М.: Машиностроение, 1977.

24*. *Макаров В. Л.* Модели и компьютеры в экономике. — М.: Знание, 1979. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Математика, кибернетика, вып. 5.)

25. *Максимович Г.* Беседы с академиком В. Глушковым. — М.: Молодая гвардия, 1976.

26. *Моев В. А.* Бразды управления. Диалог с академиком В. М. Глушковым. — М.: Политиздат, 1977.

27. *Моисеев А. В., Кузнецов В. М.* Популярная экономика. Книга для чтения. — М.: Политиздат, 1973.

28*. *Моисеев Н. Н.* Математические модели экономической науки. — М.: Знание, 1973. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. Математика, кибернетика, вып. 1.)

29*. *Моисеев Н. Н.* Математик задает вопросы. — М.: Знание, 1975.

30. *Пекелис В.* Маленькая энциклопедия о большой кибернетике. Кибернетика от А до Я. — М.: Детская литература, 1970.

31. *Первин Ю., Салтовский А.* Как работает процессор. — Квант, 1980, № 5.

32*. *Первозванский А.* Поиск. — М.: Наука, 1970.

33*. *Петряков Н. Я.* Кибернетические проблемы управления экономикой. — М.: Наука, 1974. (Сер. Современные тенденции развития наук)

34. *Португал В. М.* Беседы об АСУ. — М.: Молодая гвардия, 1977.

35. *Растригин Л. А., Граве П. С.* Кибернетика как она есть. — М.: Молодая гвардия, 1975.

36. *Столяров И. А.* Математика помогает экономисту. — М.: Экономика, 1977.

37. *Федоренко Н.* О людях, математике и экономике. — В кн.: Академики рассказывают. М.: Молодая гвардия, 1977.

38. *Фрейденталь Г* Математика в науке и вокруг нас. — М.: Мир, 1977. (Сер. В мире науки и техники.)

39. *Шилейко А., Шилейко Т.* Кибернетика без математики. — М.: Энергия, 1973.

40. *Шкурба В. В.* Задача трех станков. — М.: Наука, 1976.

41*. Энциклопедия кибернетики. Киев: 1975, тт. 1, 2.

42. *Ясин Е. Г.* Экономическая информация. Что это такое?— М.: Статистика, 1976. (Сер. Статистика для всех.)

Виктор Михайлович Глушков
Валерий Яковлевич Валах
ЧТО ТАКОЕ ОГАС?

М., 1981 г., 160 с илл.

(Серия: Библиотечка «Квант»)

Редактор *Н. А. Райская*
Технический редактор *Н. В. Вершинина*
Корректор *Л. Н. Боровина*

ИБ № 11622

Сдано в набор 05.08.80. Подписано к печати 13 01.81. Т-00936. Бумага 84×108¹/₃₂. Тип. № 2. Гарнитура литературная. Высокая печать. Условн. печ. л. 8,4. Уч.-изд. л 8,21. Тираж 150 000 экз. Заказ № 769. Цена книги 30 коп.

Издательство «Наука»
Главная редакция физико-математической литературы
117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.